

◇技術紹介 Technical Report◇

持ち運びサイズの除菌装置 「カセットミスト™」の開発 Development of Portable Decontamination Device “Cassette Mist™”

四本 瑞世
緒方 浩基
湯淺 篤哉
(営業総本部)
大島 宗平
(営業総本部)

Mizuyo Yotsumoto
Hiroki Ogata
Atsuya Yuasa
Shuhei Oshima

1. はじめに

近年、感染症対策等の観点から、ドアノブやテーブル、手すりなどの環境表面の除菌ニーズが高まっている。特に、医療施設では、院内感染を防止するため、感染症患者が使用した病室では消毒剤による清拭除菌が行われている。しかし、人員の確保や清拭作業者の感染リスクの観点から、手作業による清拭作業は大きな負担となっている。

筆者らは、環境表面の除菌技術として、二流体噴霧ノズルを用いた薬剤ミスト噴霧による除菌技術「マルチミスト®」を開発している^{1)~4)}。薬剤は、Fig. 1 に示すように、圧縮空気により微細化したミストで噴霧されるため、少ない噴霧量でも薬剤が遠くまで拡散し、短時間で室内全体に行き渡る特長がある。必要な設備は、噴霧ノズル、圧縮空気、薬液タンクであり、大型の設備は必要としない。これまでに、除菌効果を判定する際に用いられるバイオロジカルインジケータ（以下、BI）を独自で開発しており¹⁾、それを用いて薬剤濃度や噴霧量などの除菌条件を最適化している。実際に、商業施設内の保育園では、建築設備としてマルチミストが導入されており、人が在室する時間帯には加湿器として使用し、人が不在の時間帯に薬剤を噴霧し環境表面を除菌している⁴⁾。

今回、新たに、病室除菌用として、持ち運びサイズの小型の除菌装置「カセットミスト™」を開発した。医療施設では、圧縮空気が中央配管により病室に供給されているため、それを利用することでコンプレッサが必要なくなり、小型化、低コスト化が可能となった。

本報では、まず、筆者らの環境表面除菌技術について説明するとともに、今回開発した除菌装置の概要、病室での適用結果、および UV 照射との除菌効果の比較結果について報告する。

2. 環境表面の除菌方法について

筆者らが開発した除菌技術は、薬剤を二流体噴霧ノズルで噴霧し、室内に充満させて環境表面を除菌するものであり、薬剤は、有効塩素濃度として 0.012%の弱酸性次亜塩素酸水、もしくは、0.02%の次亜塩素酸ナトリウム水溶液を使用する。これまでに、次亜塩素酸ミストによる環境表面の除菌において、相対湿度の制御が重要であり、噴霧後の相対湿度が低いと十分に除菌効果が得られない



Fig. 1 二流体噴霧ノズル
Atomizing Nozzle



Photo 1 病室のエアアウトレット接続型
小型除菌装置「カセットミスト」
Cassette Mist

ことを現地除菌試験より確認している⁴⁾。そのため、除菌を行う際には、微細ミストを室内の相対湿度が一時的に 80%RH 付近になるまで噴霧し次亜塩素酸ミストを室内に充満させる。除菌は空調を停止した状態で、無人環境下で実施する。その結果、什器の背面まで次亜塩素酸ミストが回り込み、壁や手すり、手作業では拭ききれない什器の裏側まで除菌が可能となる。更に、微細ミストは、除菌後にすぐに蒸発するため、利用時の濡れはほとんどない。

3. 小型除菌装置「カセットミスト」の概要

今回開発した除菌装置は、Photo 1 に示すように、病室内のエアアウトレットに差し込んで除菌できる持ち運びサイズの小型の除菌装置である。除菌装置は、噴霧ノズル、タイマー、薬液ボトル (2L 容) で構成されている。タイマーには圧縮空気取り入れアダプターがついており、病室の圧縮空気アウトレットに差し込むことができ、ノズルボトルは、吸引ボトル用フックに据付できる。病室



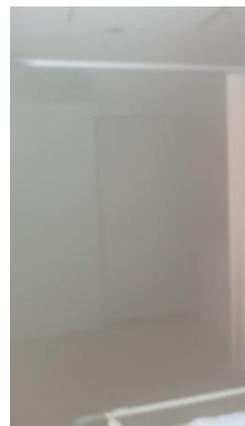
(⑥入口手すり)



(噴霧開始時)



(ミスト充満時ノズル直近)



(ミスト充満時入口扉付近)

Photo 2 付着菌採取と BI 設置状況
Sampling of Adhered Bacteria and
Setting of BI

Photo 3 薬剤ミスト噴霧による除菌状況
Decontamination Situation

Table 1 除菌試験結果
Results of Decontamination Test

の清拭除菌で使用されている次亜塩素酸ナトリウム 0.02%溶液（水道水 1L に次亜塩素酸ナトリウム 6%水溶液 3.3mL を添加）をボトルに入れ、噴霧時間と噴霧開始時刻をタイマーに入力すれば、自動で噴霧が開始する。噴霧停止後、その状態を 20～30 分間保持すれば除菌が完了し、換気を行いながら入室する。本装置 1 台あたりの適用面積は約 20m²、室容積で 50m³ となる。噴霧時間は、部屋の容積と除菌前の温湿度の値より、室内の相対湿度を 80%RH に上昇するために必要な噴霧量から算出しており、その値を入力する。

4. 某病室における除菌試験

4.1 試験方法

除菌試験は、某病院の病室（面積 14m²、容積 38m³）において、2020 年 10 月 1 日に実施した。除菌効果の評価は、当社が独自で開発している BI と付着細菌数の 2 種類で行った。BI とは、殺菌や除菌などの効果を測定する際に用いられる指標菌のことであり、除菌処理後の菌の増殖程度によって、除菌の成否を評価するものである。指標菌は、食中毒菌の黄色ブドウ球菌の代替菌として、人の常在菌で病原性が低く、乾燥に強いためハンドリングしやすい表皮ブドウ球菌を用いている。BI を用いることで、実際の環境下における除菌効果の評価が可能となる。作成方法及び除菌効果の評価方法を既報¹⁾に示す。

付着細菌数の測定は、表面のある一定面積を滅菌綿棒でふき取って菌を回収し、10mL のリン酸緩衝液で懸濁させ、SCD 寒天培地に塗布後、32°C で 2 日間培養し発育したコロニー数を計測することで行った。除菌前の温湿度は 26°C・62%RH であり、噴霧時間は 12 分、噴霧液量は 0.4L と算出された。ミスト噴霧により薬剤を病室内に充満させるため、薬剤噴霧前に、空調と換気扇を停止させ、扉を閉めた状態で噴霧を開始した。噴霧停止後、その状態を 20 分間保持した後、換気しながら入室した。

サンプリング 場所	付着細菌数(cfu/100cm ²)*		BI結果 (対照区:27,000cfu/BI)	
	除菌前	除菌後	除菌後の菌数	除菌率
①オーバードテーブル	500	<50	<25 cfu/BI	99%以上
②ベッドリモコン	1,400	<71	<25 cfu/BI	99%以上
③ナースコール	2,100	<100	<25 cfu/BI	99%以上
④ベッド手すり	450	<50	<25 cfu/BI	99%以上
⑤洗面台	<50	<50	<25 cfu/BI	99%以上
⑥入口手すり	<50	<50	<25 cfu/BI	99%以上
⑦テレビ台	<50	<50	<25 cfu/BI	99%以上

*写真は、懸濁液200μLをSCD寒天培地に塗布し、32°Cで2日間培養後のプレート

付着菌の採取と BI の設置は、手がよく触れるオーバードテーブル、ベッドリモコン、入口手すりなど、7カ所で実施した (Table 1)。湿度センサも設置し、薬剤ミスト噴霧により除菌に適した湿度にまで上昇しているかを確認した。付着菌採取状況を Photo 2 に、薬剤ミスト噴霧による除菌状況を Photo 3 に示す。

4.2 結果

除菌試験の結果を Table 1 に示す。これより、今回 7カ所で付着細菌数を調査したが、ミスト除菌前には、7カ

所中 4 カ所 (①オーバーベッドテーブル, ②ベッドリモコン, ③ナースコール, ④ベッド手すり) で 450~2,100cfu/100cm² の付着細菌数が確認された。ミスト除菌後には, 付着細菌が確認された 4 カ所を含め, 7 カ所すべてで付着細菌数は検出下限値未満にまで減少し, 次亜塩素酸ミスト噴霧による除菌効果を確認した。BI による除菌効果は, 薬剤を噴霧しない対照区 (25℃の部屋に保管) の表皮ブドウ球菌の菌数が 27,000cfu であったのに対し, 薬剤ミスト噴霧により除菌後の BI は, 7 カ所すべてで検出下限値未満にまで減少し, 99%以上の除菌効果を確認した。

次亜塩素酸ミスト噴霧による表面除菌を確実にを行うには, ミスト噴霧により 80%RH 付近にまで湿度を上昇させることが重要である。Fig.2 より, 付着細菌を調査した 7 カ所すべてで相対湿度が 80%RH 以上に上昇していること, ミスト噴霧により上昇した湿度は, 保持期間中に下がり始め, 除菌後, 換気により数分後には, 薬剤ミスト噴霧前の相対湿度に戻っていることを確認した。

5. UV 照射との除菌効果の比較試験

5.1 カセットミストカート

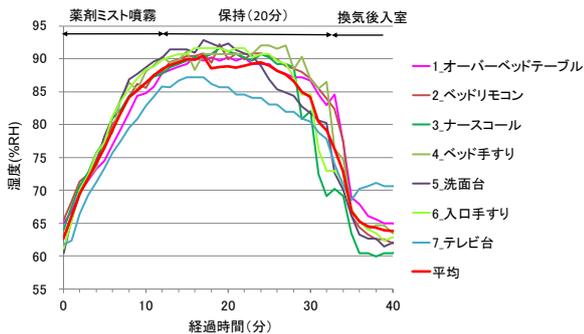


Fig. 2 ミスト除菌に伴う湿度推移
Changes of Relative Humidity by Mist Spraying

カセットミストは, 病室にエアアアウトレットのない部屋では適用できない。病院側より, エアアアウトレットのない部屋にも適用したいというニーズがあり, それに応えるため, カセットミストを改良し, コンプレッサを搭載したカートを開発した。外観を Photo 4 に示す。本カートは, 隣接する病室に在室する患者に配慮し, 音や振動が小さいスクロール式のコンプレッサ (単相 100V) を搭載し, カセットミストのノズルボトル 2 本, タイマーで構成される。カート 1 台で面積 40m², 室容積 100m³ まで適用できる。

5.2 UV 照射との比較試験の方法

今回の比較試験は, 某大学病院の病室 (4 床室の病室, 面積 34m², 容積 75m³) において, 2021 年 3 月 25 日に実施した。エアアアウトレットのない部屋で試験を実施したため, カセットミストカートを使用した。UV 照射は, 某大学病院で保有している殺菌灯ロボット (A 社製) を使用した。殺菌灯ロボットは紫外線ランプ (40W) が 10 本搭載された自走式ロボットで, 本体前方にあるカメラの画像を見ながら, 専用のコントローラで遠隔操作により移動させながら除菌する。



Photo 4 カセットミストカート
Cassette Mist Cart

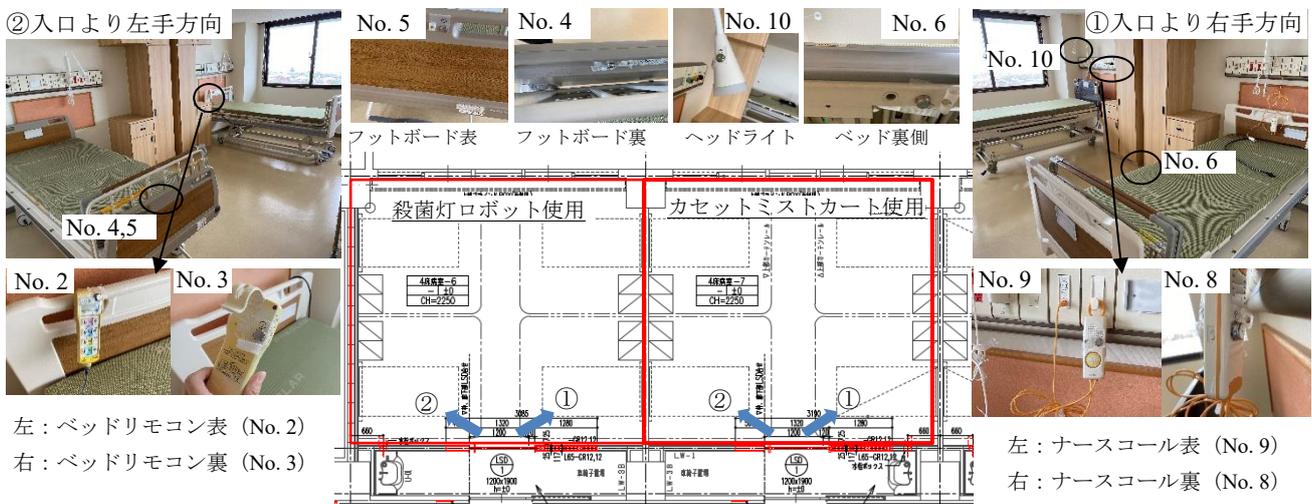


Fig. 3 除菌試験実施場所および BI 設置場所
Location of Decontamination Test and Setting Points of BI

今回、隣接する4床室2部屋の1室にカセットミストカートによる除菌、もう1室に殺菌灯ロボットによるUV除菌を行った。除菌効果はBIにより評価した。除菌試験を行った部屋、およびBI設置場所をFig.3に示す。入口扉手すり、ベッドリモコン(表,裏),ナースコール(表,裏),ベッド裏側(手が触れる範囲)など、手が良く触れる場所や、手作業では拭き漏れが発生しやすい場所など、合計10カ所にBIを設置し、UV照射とミスト除菌の除菌効果を比較した。試験条件をTable2に、カセットミストカートによる除菌状況をFig.4に示す。

5.3 結果

試験結果をFig.5に示す。これより、対照区(25℃の部屋に保管)の表皮ブドウ球菌の菌数は13,000cfuに対して、カセットミストカートによる次亜塩素酸ミスト除菌後の表皮ブドウ球菌の菌数は、10カ所すべてで検出下限値未満にまで減少し、99%以上の除菌効果を確認した。

殺菌灯ロボットによるUV照射後のBIは、10カ所中8カ所で、検出下限値以下にまで減少(ベッドライトNo.10は25cfu/BI検出)し、99%以上の除菌効果を確認した。ベッドリモコン裏(No.3)とナースコール裏(No.8)では、それぞれ75cfu、330cfu確認された。

ベッドの裏側(No.6)では、検出下限値未満にまで減少していたことから、什器の裏側の一部は、UVが照射されずに除菌効果が低下する場所が存在すると考えられた。

以上より、UV照射による除菌では、什器の裏側でUVが十分に当たらない場所があり、除菌効果が低くなる可能性があること、一方、大林組が開発している除菌技術は、次亜塩素酸ミストを室内に充満させて除菌するため、什器の裏側も除菌できることが明らかとなった。

6. おわりに

今回、病室除菌用として病室のエアアウトレットに差し込んで除菌する小型の除菌装置「カセットミスト」を開発した。エアアウトレットのない部屋にも適用したいという病院ニーズに対応するため、カセットミストを改良し、コンプレッサを搭載したカセットミストカートを開発した。実際の病室で除菌試験を行い、実空間での除菌性能を確認した。UV照射との比較試験では、UV照射による除菌では、ナースコール裏などUVが当たりにくい場所で菌が残存したのに対し、大林組の開発技術は、次亜塩素酸を室内に充満させるため、什器の裏側も含めて除菌できることを確認した。

病室用に開発したカセットミストは、清拭除菌前に適用することで、清拭作業者の菌やウイルスと接触する機会を減らすだけでなく、拭き残しリスク低減にも貢献できると考えられる。

Table 2 試験条件

試験区	試験条件
カセットミストカートによる除菌(薬剤ミスト除菌)	<ul style="list-style-type: none"> 事前準備: 火災感知器の養生, 換気扇・空調のOFF 除菌時間: 44分(噴霧時間14分, 保持時間30分) 噴霧薬剤: 次亜塩素酸ナトリウム0.02%溶液 噴霧量: 1L
殺菌灯ロボットによる除菌(UV照射)	<ul style="list-style-type: none"> UV-C(波長254nm)ランプ(40W)10本 UV照射時間: 7分 照射方法: 入口及び奥側を往復, 中央で旋回しながら照射



Fig. 4 除菌状況

Decontamination Situation

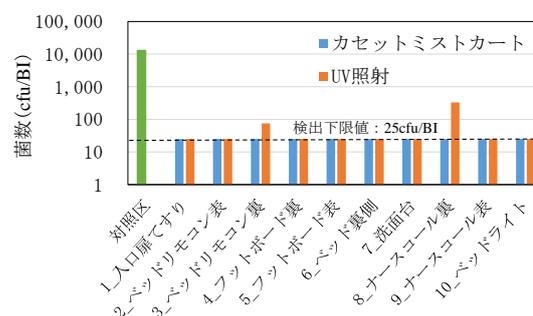


Fig. 5 試験結果

Results of Decontamination Test

参考文献

- 1) 四本瑞世, 他: ミスト噴霧による除菌技術「マルチミスト™」の開発, 大林組技術研究所報, No. 79, 2015.12
- 2) 四本瑞世, 他: ミスト噴霧による除菌技術「マルチミスト®」の性能評価, 大林組技術研究所報, No. 80, 2016.12
- 3) 四本瑞世, 他: 「マルチミスト®」カートによる居室室内除菌の性能評価, 大林組技術研究所報, No. 82, 2018.12
- 4) 四本瑞世, 他: 「マルチミスト®」を用いた加湿・除菌システムの開発と適用, 大林組技術研究所報, No. 84, 2020.12