

# ミスト噴霧による除菌技術「マルチミスト™」の開発

四本 瑞世 末田 香恵 緒方 浩基  
相賀 洋 沼田 和清 三井 成俊  
(本社設計本部) (大阪本店エンジニアリング部)

## Development of Decontamination Technology Using Mist Spraying System “Multi Mist™”

Mizuyo Yotsumoto Kae Sueda Hiroki Ogata  
Hiroshi Ohga Kazukiyo Numata Narutoshi Mitsui

### Abstract

We developed a decontamination technology using the mist spraying system “Multi Mist™”. This technology uses the humidifying evaporative cooling system “Saratto Mist®” for chemical spraying. This paper describes its features and effects based on a large, actual-scale evaluation test, as follows. 1) It is possible to decontaminate an entire room without wetting facility surfaces by spraying a small quantity of the disinfectant as fine fog particles. 2) It consumes a smaller amount of the disinfectant than a conventional ultrasonic spraying device. Thus, it has little adverse effect on building materials. 3) “Multi Mist” is capable of decontaminating the areas in the shadow and at the back of facilities and furniture, as well as the ceiling and wall surfaces.

### 概 要

食品工場の食中毒菌対策、医療・福祉施設の感染症対策として、大林組保有技術である二流体細霧空調システム「さらっとミスト®」を用いた薬剤のミスト噴霧による除菌技術「マルチミスト™」を開発した。本報では、実規模レベルの評価試験を中心に、以下のような本技術の特長や効果について述べる。1) 薬剤を微細なミストで噴霧することにより、少ない噴霧量で表面を濡らさず全体を除菌することが可能である。2) 超音波噴霧装置によるミスト除菌と比べて、マルチミストの方が除菌効果が高く、施設表面への影響程度は小さい。3) 設備や什器のある室内でも、薬液濃度と噴霧液量を制御することで、天井や壁だけでなく設備の背面や狭隘な隙間の部分まで除菌できる。

## 1. はじめに

近年、新型インフルエンザの発生、ノロウイルスやO157による食中毒の問題から、微生物対策の需要が高まりつつある。特に、食品工場などの製造施設における衛生環境の改善技術、医療・福祉施設における感染症対策に繋がる技術の提案が求められている。

これまでに筆者らは、DNA解析による微生物種の同定技術を導入して微生物による汚染リスクを合理的かつ客観的に評価・診断する技術を開発し、微生物汚染に関わる実態調査や微生物の汚染源の把握に適用してきた<sup>1)</sup>。

施設内における微生物制御技術については、微生物を遮断する技術、増殖防止技術、除去もしくは殺滅技術など、様々な技術がある。その中で、近年、薬剤をガス化もしくはミストとして噴霧し、施設の表面や空間に存在する有害微生物を殺菌する手法が普及している<sup>2), 3)</sup>。

薬剤噴霧による室内の微生物制御において、全体を除菌することと同時に、建材の腐食に繋がる薬剤の結露を防ぐことが重要である。

そこで筆者らは、少ない薬剤量で、施設表面を濡らさ

ずに均一に除菌できる室内除菌システムの確立を目指し、大林組保有技術である二流体細霧空調システム「さらっとミスト®」を用いたミスト噴霧による除菌技術「マルチミスト™」を開発した。「さらっとミスト」とは、水を圧縮空気により噴霧することで、触っても濡れない微細な霧を作り、空間の加湿や冷房を行うシステムである。本システムを使用して、薬剤をミスト噴霧すれば、少量の噴霧で広域に薬剤が拡散することが期待できる。本報では、「マルチミスト」による除菌効果について、実規模実験室で検討した結果を述べる。

## 2. ミスト除菌「マルチミスト」の概要

本技術は、食品工場や医療・福祉施設の食中毒菌対策、感染症対策としての適用を考慮しており、医薬品無菌製剤施設で求められる清浄度（芽胞も含めたすべての菌を殺滅）と区別している。本除菌技術と医薬品無菌製剤施設における過酸化水素除染技術の違いをTable 1に示す。

本技術は、黄色ブドウ球菌や緑膿菌など、食中毒や院内感染菌として問題となる病原性微生物の低減を目的と

しているため、使用する薬剤も、微酸性次亜塩素酸水溶液など、人や環境に対して比較的安全性の高い薬剤とする。

Fig. 1に本技術のイメージ図を示すが、必要な設備は、薬剤供給ユニット、コンプレッサ、噴霧ノズルであり、大型な設備は必要ないことが特長である。

### 3. 実規模噴霧実験の概要

#### 3.1 検討内容

少ない噴霧量で、施設表面を濡らさずに均一に除菌できる室内除菌システムの確立を目指し、実規模噴霧実験では、Fig. 2に示すフローで検討を行った。まず、噴霧条件（噴霧液量や噴霧濃度）の検討を行い（4章）、実施設での適用事例も多数ある超音波噴霧装置によるミスト除菌との比較評価を行った（5章）。次に、実験室内に障害物（什器）を設置し、什器の背面や隙間部分の除菌効果を評価した（6章）。更に、初期の温湿度が除菌に及ぼす影響を評価するため、低温・低湿度環境における除菌評価（7章）及び湿度（相対湿度、絶対湿度）と除菌の関係について評価した（8章）。

#### 3.2 薬剤噴霧実験施設および噴霧装置

噴霧実験は、容積約52m<sup>3</sup>（幅4.95×奥行き3.95×高さ2.67m）、表面積約87m<sup>2</sup>の実験施設で行った（Fig. 3）。噴霧装置は二流体サイフォン式噴霧ノズルを用いた。コンプレッサにより圧縮空気を供給し、薬液は加圧タンクから供給する。時間当たりの噴霧液量と噴霧エア量は、ノズルの口径や空気圧により制御が可能である。

#### 3.3 供試薬剤

供試薬剤は、食品添加物に認可されている次亜塩素酸ナトリウム水溶液と塩酸を蒸留水で希釈混合し、pHおよび有効塩素濃度を調整した次亜塩素酸水溶液を用いた。今回は低塩素濃度で高い殺菌効果が認められるように、pHは5.0～6.5の微酸性に調整した。

筆者らがこれまでに実施した抗菌試験の結果より、微酸性に調整した次亜塩素酸水溶液の殺菌効果は非常に高く、細菌であれば、有効塩素濃度が14mg/Lと低濃度であっても、接触時間30秒～3分程度で1mLあたり10<sup>6</sup>オーダーの菌数がほぼ死滅することが分かっている<sup>4)</sup>。

#### 3.4 温湿度と結露有無の測定方法

部屋の壁・床・天井表面と空間（床から1.34m）、一部の試験では什器表面の温湿度分布を把握するため、ボタン型温湿度データロガーにより温湿度を測定した。また、表面の濡れは水滴に触れると不可逆的に発色する水分試験紙を用いて確認した。

#### 3.5 除菌効果の評価方法

除菌効果の評価は、独自で作成したバイオロジカルイ

ンジケータ（以下、自作BI）を用いて行った。BIとは、除菌の対象となる微生物の指標菌を利用したもので、除菌処理後のBIを培養し、指標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。今回指標菌は、ヒトの常在菌で食中毒菌の黄色ブドウ球菌の代替菌として、病原性が低く、乾燥に強いハンドリングし易い表皮ブ

Table 1 本技術と医薬品工場除染の比較  
Difference between Multi Mist and Decontamination of Pharmaceutical Factory

技術	ミスト除菌「マルチミスト」	医薬品工場除染
対象施設	食品工場・医療福祉施設	医薬品工場（無菌製剤）
目的	食中毒菌対策 感染症対策	高度な清浄度環境の維持
要求レベル	中レベル（周辺影響への配慮） 病原性微生物の低減	高レベル（無人） あらゆる菌の殺滅
使用薬剤	人や環境に対して 安全性の高い薬剤 （次亜塩素酸水溶液など）	過酸化水素
薬剤発生設備	さらっとミスト （二流体噴霧装置）	過酸化水素ガス発生装置

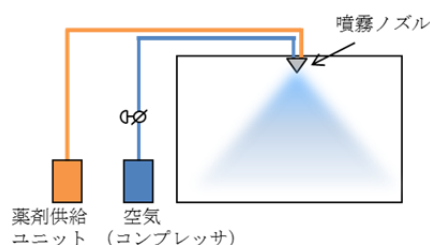


Fig. 1 ミスト除菌「マルチミスト」のイメージ図  
Image of Decontamination Technology by Multi Mist

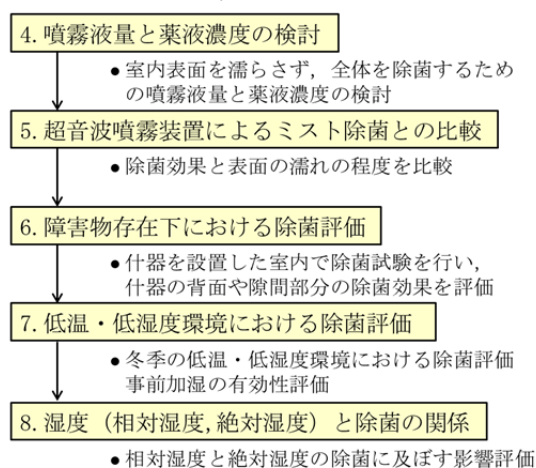


Fig. 2 実規模噴霧実験における検討フロー  
Examination Flow



Fig. 3 実験施設  
Experimental Facilities

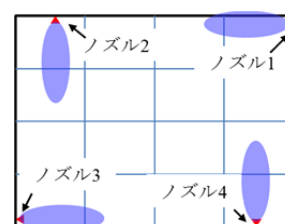


Fig. 4 ノズル配置  
Positions of the Nozzles

ドウ球菌を用いた。まず、滅菌生理食塩水で懸濁した表皮ブドウ球菌を椀型ステンレス板に5μL塗布し、クリーンベンチ内で乾燥させて自作BIを作成した。噴霧試験終了後に回収した自作BIを滅菌生理食塩水に入れ、残存する菌体を滅菌綿棒により液相に移した。ソイビーン・カゼイン・ダイジェスト寒天培地に塗布後、32°Cのインキュベーターで2日間培養し、菌数(培地上に形成したコロニー数, Colony Forming Unit:cfuで表示)を測定した。

なお、薬剤噴霧しない場合の菌数は、 $1.4 \times 10^4$ cfu $\sim 1.1 \times 10^5$ cfuであった。

#### 4. 噴霧液量及び薬液濃度の検討

室内の表面を濡らさずに、全体を除菌するために必要な噴霧液量と薬液濃度について検討した。

##### 4.1 試験内容と方法

Fig. 4に示すように、ノズル4本を壁面に配置(天井から25cm下)し、Table 2に示す条件で、次亜塩素酸水溶液を噴霧した。なお、室内の温湿度は、エアコンと加湿器により、噴霧前に約25°C・50%RHに調整し、噴霧時にはエアコンを止めた。Fig. 5の47カ所に、自作BI、温湿度データロガー、水分試験紙を設置後、次亜塩素酸水溶液を条件の通り噴霧し、1時間保持した。試験後、自作BIを回収し、薬剤噴霧後の生存菌数を計測することで、除菌効果を評価した。

##### 4.2 結果

試験の結果をFig. 6に示す。除菌効果について、噴霧後の菌数が初期の菌数の1/100未満に減少した際に除菌

Table 2 試験条件  
Test Conditions

条件	噴霧液量 (mL/部屋)	次亜塩素酸水溶液		次亜塩素酸投入量 (mg/部屋)	保持時間 (h)
		濃度 (mg/L)	pH		
1	576	204	5.5	118	1
2	415	138	5.1	57	1
3	300	196	5.1	59	1
4	415	90	5.1	37	1

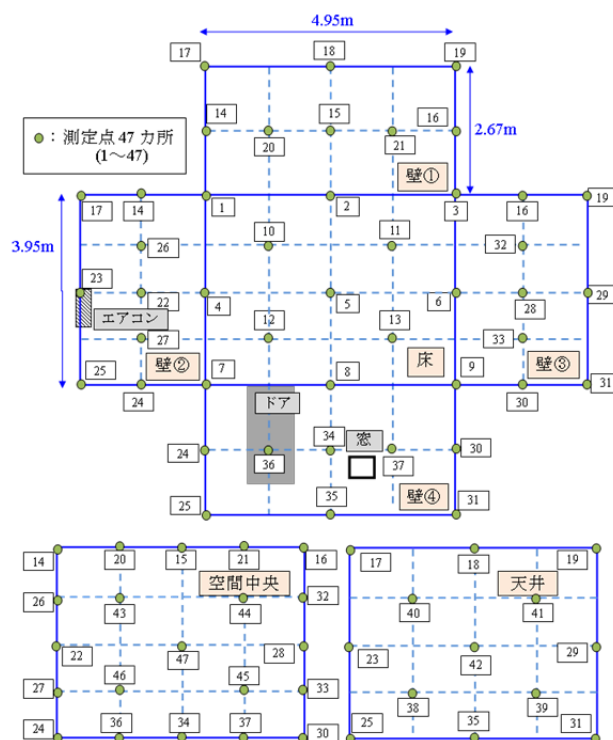


Fig. 5 測定点  
Measurement Points

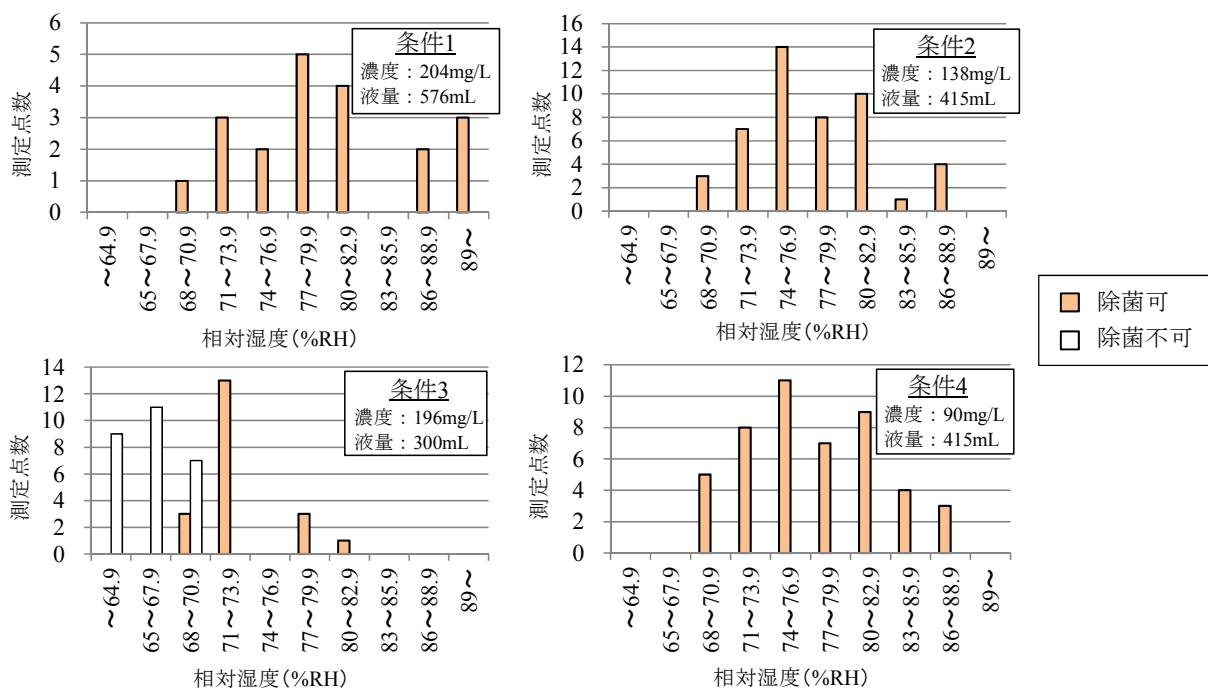


Fig. 6 除菌効果(保持時間1時間後)と噴霧直後の相対湿度の関係  
Relation between Decontamination Effect and Relative Humidity

できたと判断し、除菌できたか否かの測定点と噴霧直後の相対湿度の関係を示した。

これより、薬液濃度204mg/Lの次亜塩素酸水溶液を576 mL噴霧した際（条件1），設置した自作BIすべてにおいて、菌は検出されず（ステンレス板1枚あたりの菌数は50cfu未満），除菌率（噴霧後の菌数が初期の菌数の1/100未満に減少した測定点の全測定点に占める割合）は100%であった。一方で、噴霧直後からBI回収時までの平均湿度は、81～90%RHとやや高く、水分試験紙の結果より、一部の場所で水滴の付着が認められ、噴霧液量が多いことが明らかとなった。

そこで、薬液濃度138mg/L、噴霧液量を415mLに減らして噴霧したところ（条件2），噴霧直後からBI回収時までの平均湿度は78～83%RHで水滴の付着は確認されず、BIの結果も47カ所すべてにおいて菌は検出されず、除菌率は100%であった。

一方、薬剤投入量を条件2とほぼ同量に調整するために薬液濃度を196mg/Lで噴霧液量を300mLまで減らした条件3では、水滴の付着は確認されなかったが、除菌率が43%に低下し、菌が生存する場所があった。菌が多く生存した場所の噴霧直後の湿度は70.9%RH以下と低かったことより、確実に除菌効果を得るには、噴霧薬液量の制御が重要であることが明らかとなった。

薬液濃度を138mg/Lから90mg/Lに低下させ、415mL噴霧した条件4では、水滴の付着は確認されず、一部のBIで菌が検出されたものの、すべてのBIで初期の菌数の1/100未満であり、除菌率は100%であった。

以上より、少なくとも薬液濃度90mg/Lの次亜塩素酸水溶液を415mL噴霧すれば、表面を濡らさずに、全体を除菌できることが明らかとなった。

### 5. 超音波噴霧装置によるミスト噴霧との比較

4章より、二流体噴霧ノズルを用いたミスト除菌技術「マルチミスト」は、表面が濡れないレベルの少ない噴霧液量でも、壁や天井表面を十分に除菌できることが明らかとなった。

本章では、超音波噴霧装置でミスト噴霧したケースとの比較試験を行い、除菌効果と表面の濡れの程度を比較した。

#### 5.1 試験内容と方法

超音波噴霧装置は次亜塩素酸水溶液噴霧に対応したものを利用した。耐塩素仕様チタン被膜振動子を3個搭載しており、80mg/L（pH：5.5～7.5）までの次亜塩素酸水溶液を使用することができる。更に、床面積として約120畳（190m<sup>2</sup>）まで対応できる業務用の噴霧装置である。

比較試験の条件をTable 3に、各条件における噴霧装置の配置図をFig. 7に示す。条件1がマルチミストによる除菌試験、条件2が超音波噴霧による除菌試験であり、次亜塩素酸投入量と保持時間を同じ条件にして比較評価した。

初期の温湿度条件、測定点、評価項目（温湿度、結露の有無、除菌効果）とその評価方法は4章と同じである。

### 5.2 結果

Table 4に、条件1及び2における試験結果の比較を示す。Table 4より、超音波噴霧装置を用いた場合（条件2），除菌率は床では85%，空間中央では100%と高かったが、壁では66%，天井では8%と除菌率が低かった。また、水分試験紙の結果より、床では、13カ所中10カ所で水滴が確認された。

一方、マルチミストの場合（条件1），除菌率は、壁、床、空間中央、天井、すべてにおいて、92%以上であった。高い除菌率を示しながらも、どの場所においても、水分試験紙で水滴は確認されなかった。更に、噴霧直後における相対湿度のばらつきと比較より、超音波噴霧に比べて、マルチミストの方がばらつきが小さいことがわかった。

以上より、マルチミストによるミスト除菌は、超音波噴霧でミスト除菌した場合に比べて、除菌効果が高く、施設表面への影響程度も小さいことが明らかとなった。

Table 3 試験条件  
Test Conditions

条件	噴霧方式	噴霧口の 数	噴霧液量 (mL/部屋)	次亜塩素酸 水溶液		次亜塩素酸 投入量 (mg/部屋)
				濃度 (mg/L)	pH	
1	マルチミスト (二流体ノズル噴霧)	4個	520	100	5.7	52
2	超音波噴霧	3個	650	80	5.7	52

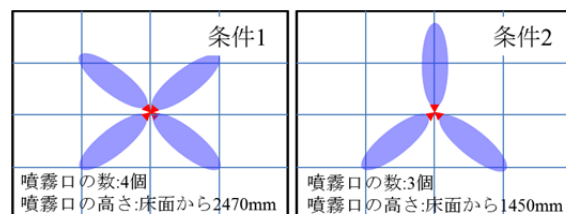


Fig. 7 各条件における噴霧装置の配置  
Position of Each Spraying Device

Table 4 超音波噴霧装置との比較試験結果  
Mist Spraying System “Multi Mist” VS  
Ultrasonic Spraying Device

場所	条件1（マルチミスト）				条件2（超音波噴霧）			
	除菌率 (%)	水分 試験紙 の反応	噴霧直後の 相対湿度 (%RH)		除菌率 (%)	水分 試験紙 の反応	噴霧直後の 相対湿度 (%RH)	
			平均値	ばらつき			平均値	ばらつき
壁 ①～④	93	変化 なし	85	1.4	66	変化 なし	88	3.7
床	92	変化 なし	87		85	変化あり (10カ所/13 カ所)	91	
空間 中央	100	変化 なし	86		100	変化 なし	90	
天井	92	変化 なし	83		8	変化 なし	83	

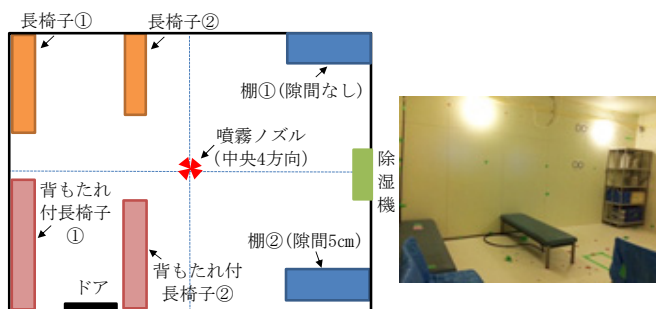


Fig. 8 障害物の配置状況  
The Position of Obstacles

## 6. 障害物存在下における除菌評価

4章, 5章より, マルチミストによるミスト除菌は, 部屋全体を除菌するのに優れた方式であることが分かったが, 実験室内に障害物が存在しない環境下での試験結果であり, 実際の空間では, 室内や施設内には什器や設備などが置かれている。そこで本章では, より実施に近い空間における除菌性能を評価するため, 障害物を設置した状態でミスト除菌を行い, 噴霧液量と薬液濃度が除菌効果に及ぼす影響を評価した。

### 6.1 試験内容与方法

障害物のない状態と障害物を設置した状態でミスト噴霧試験を行い, それらの除菌結果を比較した。設置した障害物をFig. 8に, 測定点をTable 5に示す。

試験条件をTable 6 (障害物なし: 条件1, 障害物あり: 条件2~5) に示す。条件1が障害物のない状態での噴霧試験に対して, 条件2は障害物のある状態で, 噴霧薬液量と薬液濃度 (100±5mg/L) を条件1と同じにしたもの, 条件3は薬液濃度が条件1と同じで噴霧薬液量を増加(条件1の1.1倍)させたもの, 条件4は噴霧液量が条件1と同じで薬液濃度を条件1よりも1.2倍に上昇 (120±5mg/L) させたもの, 条件5は薬液量を減らし (条件1の0.8倍), 薬液濃度を条件4と同じとした。初期の温湿度条件, 評価項目 (温湿度, 結露の有無, 除菌効果) とその評価方法は4章と同じである。

### 6.2 結果

**6.2.1 噴霧液量が除菌効果に及ぼす影響** 条件1~3の除菌試験の結果をFig. 9とFig. 10に示す。障害物が無い場合, 薬液濃度104mg/Lの次亜塩素酸水溶液を520mL噴霧すると (条件1), 除菌率は96%と高く, 水分試験紙の結果より全測定点において水滴の付着がないことを確認した。

一方, 障害物を設置して同条件で噴霧した場合(条件2), 除菌率は35%と著しく低下し, ごく一部の測定点においてわずかに水滴が付着した。薬液量を増加させて除菌率の回復を試みたところ, 580mL噴霧した場合 (条件3), 水滴の付着した測定点数は増加したが, 除菌率は70%ま

Table 5 設置した障害物と測定点  
Kind of Obstacle and Measurement Points

試験条件	設置した障害物	測定点	
障害物なし	なし	天井・壁・床・空間中央 (床から1.34m)	合計 47カ所
障害物あり	長椅子	2脚	座面表・座面裏・椅子直下床面 3カ所
	背もたれ付長椅子	2脚	座面表・座面裏・椅子直下床面 背もたれ表面・背もたれ裏面 5カ所
	棚 (複数の箱を設置)	2台	天板・棚板・直下の床面 棚内の障害物の後ろの壁箱 (前面・上部・背面) 15カ所
-	-	天井	4カ所
		合計 50カ所	

Table 6 試験条件  
Test Conditions

条件	障害物	噴霧液量 (mL/部屋)	次亜塩素酸水溶液		次亜塩素酸投入量 (mg/部屋)	保持時間 (h)
			濃度 (mg/L)	pH		
1	なし	520	104	5.7	54	1
2	あり	520	96	5.1	50	1
3	あり	580	103	5.3	60	1
4	あり	520	118	5.3	61	1
5	あり	411	116	5.0	48	1

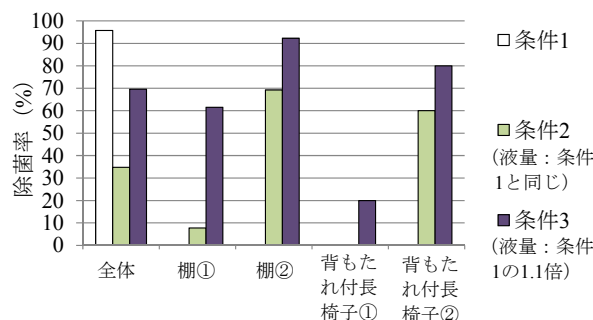


Fig. 9 噴霧液量が除菌率に及ぼす影響  
Effect of Spraying Liquid Amount on Decontamination Ratio

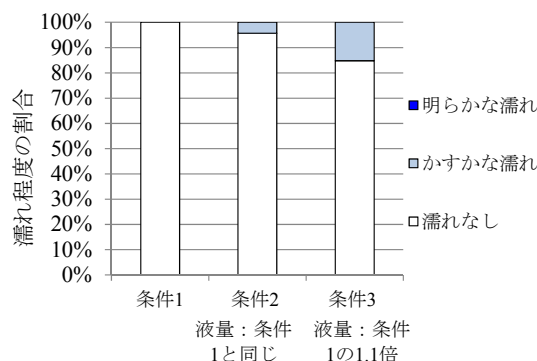


Fig. 10 噴霧液量が濡れの程度に及ぼす影響  
Effect of Spraying Liquid Amount on Degree of Wetting

で回復した。各測定部位別に除菌率を比較すると、壁面と接する面積の多い背もたれ付きの長椅子や棚では壁との隙間の有無が明らかに除菌率に影響していた。条件2, 条件3のいずれにおいても、5cmの隙間を設けた棚②の方が隙間の無い棚①よりも高い除菌率であり、障害物の裏面や影になる部分まで除菌できていたことから、薬剤の回り込みに一定量の隙間が有効であることが示された。

以上より、実空間を模した障害物の存在は除菌結果に影響すること、薬液量の増加だけで除菌率を100%近くまで回復させることは困難であることがわかった。

**6.2.2 薬液濃度が除菌効果に及ぼす影響** 条件2, 3より表面を濡らさないために噴霧薬液量は520mL以下とした。条件3~5の除菌試験の結果をFig. 11とFig. 12に示す。除菌率が回復した条件3に相当する次亜塩素酸投入量とするため、薬液濃度118mg/Lの次亜塩素酸水溶液を520mL噴霧した場合(条件4), 除菌率は100%となり、濡れはごく一部の測定点でわずかに水分試験紙が反応する程度であった。さらにこれらの濡れを減らすことを目的とし、薬液量を411mLに減らしたところ(条件5), 除菌率は98%と高い状態を維持しつつ、全測定点において濡れが確認されなかった。

以上より、マルチミストは薬剤の拡散性に優れていること、実空間を模した障害物存在下であっても、薬液濃度と噴霧薬液量の制御により、施設の表面を濡らすことなく、設備の背面や狭隘な隙間の部分まで除菌できることが示された。

## 7. 低温・低湿度環境における除菌評価

これまでの試験では、初期の温湿度条件として約25°C・50%RHに調整し、ミスト噴霧試験を実施した。

本章では、実施設での年間を通した使用を想定し、より低温・低湿度となる冬季の室内を模した条件下での薬剤噴霧試験を行い、除菌効果に対する影響を評価した。

### 7.1 試験内容と方法

試験条件をTable 7に示す。すべての条件で薬液濃度と噴霧薬液量は6章の条件5と共通であり、初期の温湿度が約25°C・50%RHの環境下で最適化した噴霧条件とした。条件1は、初期の温湿度が25°C・53%RH、条件2は冬季の室内を模した初期温湿度として、20°C・35%RHに設定した。更に、噴霧前に事前に加湿を行った状況を想定し、低温下で異なる初期湿度の試験区(条件3; 56%RH, 条件4; 45%RH)も設定した。

なお、試験は6章と同様に障害物を設置した状態で、評価項目(温湿度、結露の有無、除菌効果)とその評価方法は4章と同じである。

### 7.2 結果

**7.2.1 低温・低湿度環境における除菌評価** 除菌試験の結果をFig. 13に示す。初期温湿度が25°C・53%RHの

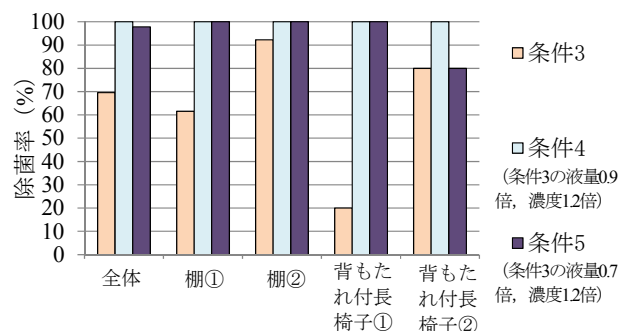


Fig. 11 薬液濃度が除菌率に及ぼす影響  
Effect of Chemical Liquid Concentration on Decontamination Ratio

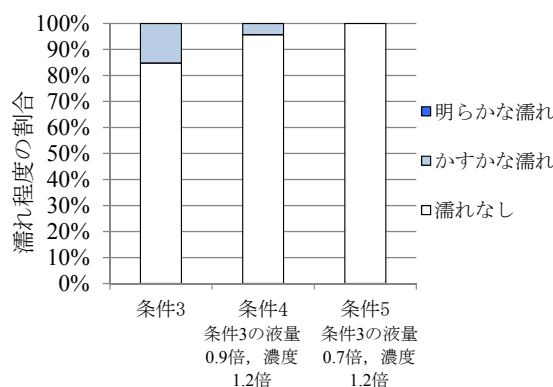


Fig. 12 薬液濃度が濡れの程度に及ぼす影響  
Effect of Chemical Liquid Concentration on Degree of Wetting

Table 7 試験条件  
Test Conditions

条件	初期温度 (°C)	初期相対湿度 (%RH)	次亜塩素酸水溶液		噴霧液量 (mL/部屋)	次亜塩素酸投入量 (mg/部屋)
			濃度 (mg/L)	pH		
1	25	53	116	5.0	411	48
2	20	35	116	5.0	411	48
3	20	56	116	5.0	411	48
4	20	45	116	5.3	411	48

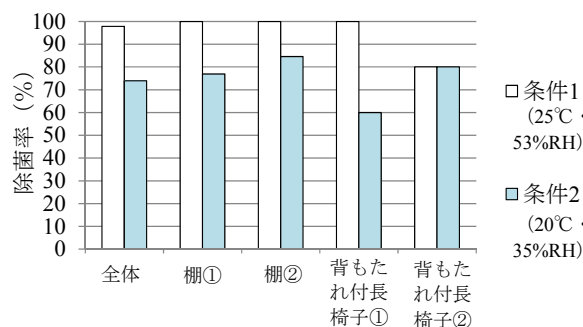


Fig. 13 低温・低湿度環境における除菌率  
Decontamination Ratio under the Environment of Low Temperature and Low Humidity

環境下では、薬液濃度116mg/Lの次亜塩素酸水溶液を411mL噴霧すると(条件1), 全測定点において水滴の付着が確認されることなく98%と高い除菌率を示した。一方、初期温湿度がより低温・低湿度である20°C・35%RHの環境下において同様の薬液条件で噴霧試験を行ったところ

(条件2), 全測定点において水滴の付着は確認されなかったが, 除菌率は74%まで低下した。除菌率の低下は薬剤噴霧前の初期の相対湿度が53%RHから35%RHまで著しく低下したことにより, 同じ噴霧液量では薬剤噴霧後の相対湿度が十分に上がらなかったために起こったと考えられる。

**7.2.2 低温・加湿模擬環境における除菌評価** 条件2~4の除菌試験の結果をFig. 14とFig. 15に示す。条件1に相当する初期湿度となるように初期温湿度が20℃・56%RHの環境を調整して噴霧試験を行ったところ(条件3), 除菌率が74%まで低下した条件2と同一の薬液条件下であっても除菌率は100%となった。ただし, 条件3においては低い初期温度と高い初期湿度の影響によって施設表面が濡れやすい状態になっており, 全測定点における水滴の付着が確認された測定点数は増加し, また, それらの測定点における水滴の付着量も明らかに増加した。

施設表面の濡れるリスクが高まる冬季の低温下であっても, 腐食に繋がる施設表面の濡れを防ぎつつ除菌を行うことを目的として, 初期湿度を条件2と条件3の中間に設定して試験を行った。初期温湿度が20℃・45%RHの環境下で噴霧試験を行ったところ(条件4), 水滴の付着が確認された測定点数は2カ所に減少し, またそれらの測定点における水滴の付着量も減少したが, 除菌率は条件3と同等の98%と高い値を維持した。従って, 除菌の難しい冬季の低温・低湿度環境を想定した空間であっても, 除菌工程前にマルチミストにより水噴霧を行い, 適切な初期湿度まで加湿することで, 薬液濃度や薬液量を増加させることなく十分な除菌効果が得られることが明らかとなった。

## 8. 湿度(相対湿度, 絶対湿度)と除菌の関係

7章より, 初期の相対湿度が低いと除菌率が低くなることから, 空気中に含まれる水滴が除菌効果に影響することが明らかとなった。空気中に含まれる水滴の状態は, 温度によって変化する。ここでは, 空気中に含まれる水蒸気の質量(絶対湿度)と相対湿度に着目して除菌に及ぼす影響を評価した。

### 8.1 試験内容と方法

試験条件をTable 8に示す。初期の温湿度が約25℃・50%RHの環境下で, 噴霧薬液濃度をやや高め, かつ濡らさず除菌できる液量を噴霧した条件(条件1)に対して, 条件2~4では, 初期の温度条件を約30℃に設定した。条件2の初期の相対湿度は, 約50%RHとし, 噴霧後の絶対湿度が条件1と同程度となるよう, 噴霧液量を302mLに減らした。なお, 薬剤投入量は除菌に悪影響を及ぼさないように, 高めに設定した(条件1の1.1倍)。条件3は, 条件1と薬液濃度と噴霧液量が同じでかつ, 噴霧後の絶対湿度が条件1及び2と同程度となるよう, 初期の相対湿度を低くした。条件4は, 初期の相対湿度は約50%RHとし,

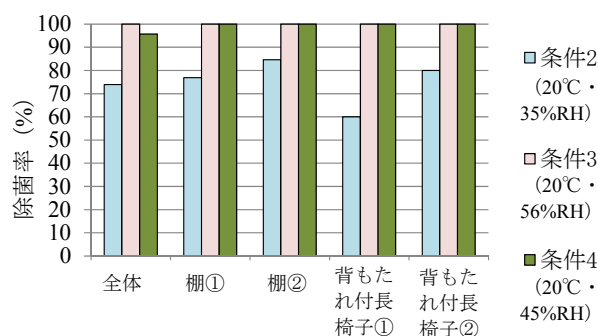


Fig. 14 低温・加湿模擬環境における除菌率  
Decontamination Ratio under Environment of Low Temperature and Humidification Environment

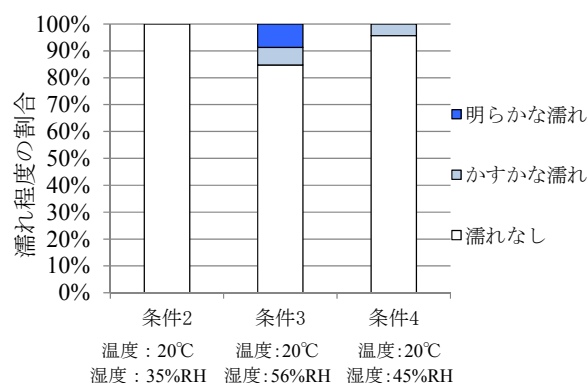


Fig. 15 低温・加湿模擬環境における濡れの程度  
Degree of Wetting under the Environment of Low Temperature and Humidification Environment

Table 8 試験条件  
Test Conditions

条件	初期温度 (°C)	初期相対湿度 (%RH)	次亜塩素酸水溶液		噴霧液量 (mL/部屋)	次亜塩素酸投入量 (mg/部屋)
			濃度 (mg/L)	pH		
1	24	54	150	5.1	412	62
2	30	51	236	6.0	302	71
3	30	49	150	5.0	411	62
4	31	55	122	5.3	457	56

Table 9 試験結果  
Test Results

条件	噴霧後 (BI回収時)			除菌率 (%)
	温度 (°C)	相対湿度 (%RH)	絶対湿度 (g/kg)	
1	22	83	14	98
2	27	70	16	18
3	27	73	16	64
4	28	79	19	100

噴霧後の相対湿度が80%RH付近になるまで, 噴霧液量を457mLに増やした(薬液濃度は条件1~3よりも低くし, 薬剤投入量を条件1~3よりも多くならないように設定した)。なお, 試験は6章と同様に障害物を設置した状態で行い, 評価項目(温湿度, 結露の有無, 除菌効果)とその評価方法は4章と同じである。

## 8.2 結果

除菌試験の結果をTable 9に示す。これより、条件2では、除菌効果が認められた条件1と噴霧後の絶対湿度（14g/kg）が同程度になるよう、初期の温湿度30℃・51%RHの環境で、236mg/Lの薬液を302mL噴霧したところ、噴霧後の相対湿度は70%RH、絶対湿度は16g/kgとなり、除菌率は18%にまで低下した。この除菌率の低下は、絶対湿度を満足しても、52m<sup>3</sup>の部屋への薬剤の拡散に必要な薬液量を確保できていないために起きた可能性がある。そこで、条件3では初期の温湿度30℃・49%RHの環境で、150mg/Lの薬液を411mL噴霧したが、除菌率は64%に留まった。絶対湿度を満足しつつ薬液量を確保しても除菌率が十分に回復しなかったため、除菌に大きく影響するのは噴霧後の相対湿度であると考えられる。そこで、噴霧後の相対湿度を条件1相当となるように、条件4では初期温湿度31℃・55%RHの環境で、122mg/Lの薬液を457mL噴霧したところ、除菌率は100%まで回復した（噴霧後の相対湿度は79%RH）。

なお、水分試験紙の結果について、条件1ではかすかな濡れが3カ所、条件2と3では濡れは確認されず、条件4では、かすかな濡れが2カ所、明らかな濡れが1カ所確認された。

以上より、ミスト噴霧による除菌において、相対湿度の影響を大きく受けることが明らかとなり、相対湿度の制御が重要であることが示された。

## 9. まとめ

食品工場の食中毒菌対策、医療・福祉施設の感染症対策として、大林組保有技術の二流体細霧空調システム「さらっとミスト」を用いた薬剤噴霧による除菌技術「マルチミスト」を開発した。実規模レベルのミスト噴霧によ

る除菌試験を行い、以下の知見が得られた。

- 1) マルチミストによる除菌効果と施設表面の濡れの程度について、超音波噴霧によるミスト除菌と比較した結果、マルチミストの方が除菌効果が高く、施設表面への影響程度も小さいことが明らかとなった。
- 2) 実空間を模した障害物存在下における除菌試験より、マルチミストは薬剤の拡散性に優れていること、適切な薬液濃度と噴霧液量の設定により、施設の表面を濡らすことなく、障害物の背面や狭隘な隙間の部分まで除菌できることが示された。
- 3) 冬季の室内を模した低温・低湿環境下における除菌試験より、25℃・50%RHで最適化した噴霧条件では除菌率が低下するが、マルチミストによる事前加湿を適切に行うことで、薬液濃度や噴霧液量を増加させることなく、除菌率を上昇させることが可能である。

## 参考文献

- 1) 四本瑞世, 他: DNA解析手法を用いた微生物リスク診断と制御技術の評価, 大林組技術研究所報, No.77, 2013.12
- 2) 杉浦彰彦, 他: 過酢酸系除菌剤「MINCARE」ドライフォグシステムによるバイオクリーンルームの殺菌, クリーンテクノロジー, 23巻, pp.74-77, 2013.7
- 3) 吉田光弘: オゾンによる殺菌・消臭, クリーンテクノロジー, 24巻, pp.33-35, 2014.1
- 4) 四本瑞世, 他: 二流体噴霧ノズルを用いた除菌技術の開発(その1), 日本建築学会大会学術講演会梗概集, 2014.9