

## 解 説

次亜塩素酸水溶液の霧化微細粒子による  
付着菌および空中浮遊菌の不活化

福崎 智司

## 1. はじめに

近年、インフルエンザに代表される呼吸器感染症の流行や、SARS、MERSによる呼吸器症候群の発生、さらには養鶏場での鳥インフルエンザの発生など、ウイルスによる感染症が社会的な問題となっている。ヒトに感染するウイルスの主な感染経路は、飛沫感染と接触感染とされている。一般的な予防策として、ワクチンの接種をはじめ、手洗い、うがい、マスクの着用などの防衛的な措置が行われているが、不特定多数の人が出入りする室内空間や作業環境では、感染者の分泌物が付着した固体表面（媒介物）を経由する感染に対しては十分な対応とは言えない。また、食品製造環境においても、空中浮遊菌や付着菌による微生物汚染の防止対策が重要な課題となっている。

この対策として、次亜塩素酸ナトリウムの希釈水溶液や弱酸性次亜塩素酸水溶液を超音波振動子により微細な霧状にして空間噴霧する殺菌法が注目されている。従来、次亜塩素酸水溶液は「物」を対象とする使用が中心であったが、これを室内空間における殺菌に適用しようとするのが空間噴霧である。最近では、次亜塩素酸水溶液の霧化噴霧により、固体表面に付着した細菌の殺菌やウイルスの不活化を効果的に実施した研究例も数多く報告されている<sup>1-6)</sup>。次亜塩素酸水溶液の霧化噴霧の特長としては、微細粒子によって各種表面を濡らすことなく室内空間中に拡散でき、ヒトの皮膚や粘膜を刺激しないことなどが挙げられる。

本稿では、超音波霧化された次亜塩素酸水溶液の微細粒子の直接噴霧および空間噴霧による付着菌、空中浮遊菌に対する不活化効果について紹介する。

## 2. 超音波霧化の原理と霧化微細粒子

超音波振動子の振動面に、ある厚みの液体を置き、液

体の底部から液面に向けて超音波を照射すると、音としての性質の振動が伝搬し、局所的に圧力の増減が繰り返し起こる。その結果、液面では液中表面波（キャピラリー波）やキャピテーション気泡が生成し、噴水の発生と表面張力の低下が起こることにより、液体が微細粒子化されて霧状に浮遊する。この現象を、超音波霧化と呼んでいる。

霧化微細粒子のザウター平均粒径（SMD： $\bar{d}$ ）は、キャピラリー波の波長 $\lambda$ （cm）に比例すると考えると、次式が成り立つ<sup>7)</sup>。

$$\bar{d} = \chi \lambda = \chi \{8\pi\sigma / (\rho f_r^2)\}^{1/3} \quad (1)$$

ここで、 $\sigma$ は液体の表面張力（mN/m）、 $\rho$ は液体の密度（g/cm<sup>3</sup>）、 $f_r$ は周波数（kHz）、 $\chi$ は定数である。(1)式から、 $\bar{d}$ は液体の物性値と $f_r$ の関数であり、 $f_r$ を調整することにより希望する $\bar{d}$ を制御することが可能である。たとえば、霧化する液体が同一であれば、 $f_r$ が大きくなるほど $\bar{d}$ は小さくなる。

図1は、共振周波数を2.4MHzに設定した市販の超音波霧化器から噴霧された次亜塩素酸水溶液の微細粒子の粒径分布を測定した結果である<sup>6)</sup>。霧化速度は約2 ml/

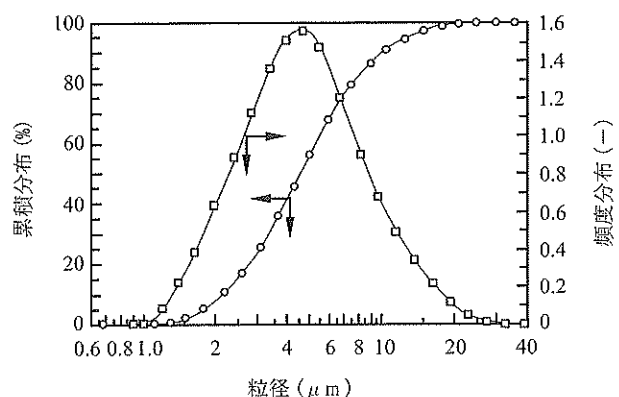


図1. 超音波霧化により発生した次亜塩素酸水溶液の微細粒子の粒径分布<sup>6)</sup>  
共振周波数：2.4MHz；霧化速度：2.0ml/min；送風量：0.05m<sup>3</sup>/min

min, 送風量は $0.05\text{m}^3/\text{min}$ である。霧化粒子の粒径分布は、粒径の対数值(横軸)に対して正規分布ではほぼ近似できる形を示している。累積50%粒子径(メディアン径)は $4.7\mu\text{m}$ , ザウター平均粒径(SMD)は $4.0\mu\text{m}$ であり、分布幅の狭い微細粒子が噴霧されていることがわかる。一般に、広い空間に漂う $2\sim 10\mu\text{m}$ の微細な粒子は、固体表面に付着しても表面を濡らさないことが経験的に知られており、ドライな室内空間での殺菌用途に適した粒径といえる。

### 3. 超音波霧化による液性の変化

液体を微細粒子化すると、水溶液の全表面積が著しく増加し、気液接触面積がきわめて大きくなる。その結果、蒸発、揮発、拡散、溶解などの物質移動が促進される。次亜塩素酸水溶液の霧化噴霧の場合、液滴の微細化により遊離有効塩素(FAC)成分の揮発と $\text{CO}_2$ の溶解が促進されるため、pHとFAC濃度は大きく変化する。不活化効果は、霧化微細粒子の到達地点でのFAC濃度とpHの変動により左右されるので(次項参照)、超音波霧化によるFAC濃度とpHの変化を予測し、適用する現場に応じた噴霧条件の最適化が必要となる。

霧化微細粒子のpHおよびFAC濃度は、噴霧気流中に底部を氷冷したガラスシャーレを置き、シャーレ表面に結露した水滴を採取すれば測定できる<sup>3)</sup>。また、空間中に噴霧して可視できない飛散粒子に対しては、活性酸素検出用蛍光試薬であるAminophenyl Fluorescein (APF)水溶液を入れたセル内に飛来する微細粒子を捕集することでFAC累積量を測定することができる<sup>4, 6)</sup>。また単に、水を入れたシャーレ内にFAC成分を溶解捕集することでも測定可能であるが、再揮発に注意する必要がある。

一例として、 $180\sim 200\text{ppm}$ に調整した次亜塩素酸水溶液の霧化実験でのFACの消失率は、弱酸性水溶液(約pH 6)では $22\sim 86\%$ 、弱アルカリ性水溶液では $15\sim 74\%$ と幅広く変化する<sup>2, 3, 6)</sup>。また、pH値も $-0.5\sim -3.0$  unitの範囲で変化する。なお、FAC濃度とpHの変化は、噴霧速度や室内環境(温度、湿度、空調、日光)の影響を大きく受ける。

### 4. 霧化微細粒子の直接噴霧

弱酸性次亜塩素酸水溶液の霧化微細粒子の噴霧気流が直接接触する条件であれば、固体表面の微生物に対して効果的な殺菌が行える。水溶液の霧化微細粒子は、あくまで形態が異なる「液体」である。したがって、次亜塩素酸水溶液の霧化噴霧による不活化効果は、水溶液と同様に、霧化微細粒子が対象物に到達した時点でのFAC

濃度( $C_{\text{FAC}}$ )と暴露時間( $T$ )の積( $C_{\text{FAC}}T$ 値)に依存する傾向がある。

$$\log(N/N_0) = -k C_{\text{FAC}}T \quad (2)$$

ここで、 $C_{\text{FAC}}$ は噴霧気流の単位体積あたりに換算した見掛けのFAC濃度( $\text{mg}/\text{m}^3$ )である。

#### 4.1 大腸菌の殺菌

一定の狭い実験ブース内( $0.1\text{m}^3$ )において、メンブレンフィルター上の大腸菌(*Escherichia coli*)( $10^4$  CFU)に対して、弱酸性次亜塩素酸水溶液(pH 6)のFAC濃度を20, 50, 80, 200ppmに設定して超音波霧化を行うと、いずれのFAC濃度でも $10^4$  CFUオーダーの大腸菌は2分間以上の曝露によりすべて死滅する結果となる<sup>8)</sup>。

(2)式に従う死滅過程を実験的に再現しようとするれば、弱酸性次亜塩素酸水溶液のFAC濃度をより低く設定する必要がある。

図2Aに、pH 6.0, FAC濃度 $2\sim 4$  ppmに調整した弱酸性次亜塩素酸水溶液の超音波霧化によるメンブレンフィルター上の大腸菌に対する殺菌効果を示す<sup>3)</sup>。横軸は、噴霧気流中の到達FAC濃度と曝露時間の濃度時間積( $C_{\text{FAC}}T$ )、縦軸は生残率の対数值である。この時の噴霧条件は、霧化速度 $3\text{ml}/\text{min}$ , 送風量 $0.01\text{m}^3/\text{min}$ である。

固体表面に有機物が存在しないフィルター表面の場合、生残率は $C_{\text{FAC}}T$ 値に比例して直線的に減少しており、(2)式の疑似一次反応に従う生残曲線が得られている。生菌数は、 $2.0\text{mg}\cdot\text{min}/\text{m}^3$ (15分曝露)で約3桁(3 log)減少、 $2.5\text{mg}\cdot\text{min}/\text{m}^3$ (20分曝露)で約4桁(4 log)減少することがわかる。この研究では、不活化効果は霧化微細粒子の到達時点での非解離型次亜塩素酸(HOCl)の濃度に依存することも示されており、次亜塩素酸水溶液による既知の殺菌機構に従うことも確認されている<sup>3)</sup>。

一方、固体表面に次亜塩素酸と反応する有機物が存在する場合、低濃度水溶液( $2\sim 4$  ppm)ではFAC成分が有機物成分と反応して直ちに消失するため、20分間の曝露では生菌数の変化は全く見られない。清浄な表面で得られる殺菌効果と同等の結果を得るためには、たとえばFAC濃度を400ppmまで増加させて霧化殺菌を行う必要がある。

図2Bに、pH 6.0, FAC濃度440ppmに調整した弱酸性次亜塩素酸水溶液の超音波霧化による寒天栄養培地上の大腸菌に対する殺菌効果を示す<sup>3)</sup>。 $C_{\text{FAC}}T$ 値が低い領域では、死滅が起き始めるまでの時間的遅れが見られるが、 $C_{\text{FAC}}T$ 値の増加とともに疑似一次反応に従う直線的な生残曲線を示している。しかし、フィルター上の大腸菌に対する効果と比較すると、一定の殺菌効果(3

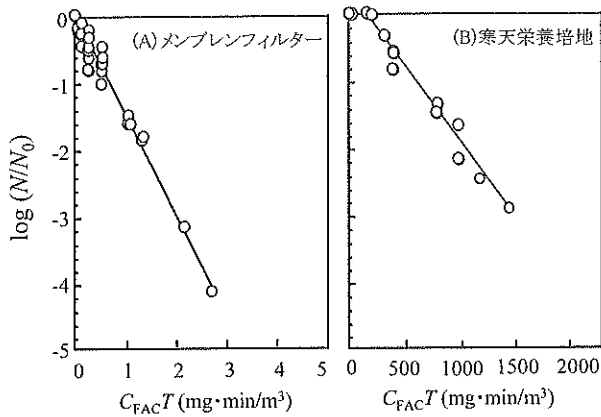


図2. 弱酸性次亜塩素酸水溶液 (pH 6) の超音波霧化による固体表面上の大腸菌の不活化 (直接噴霧)<sup>3)</sup>  
文献3を一部改変

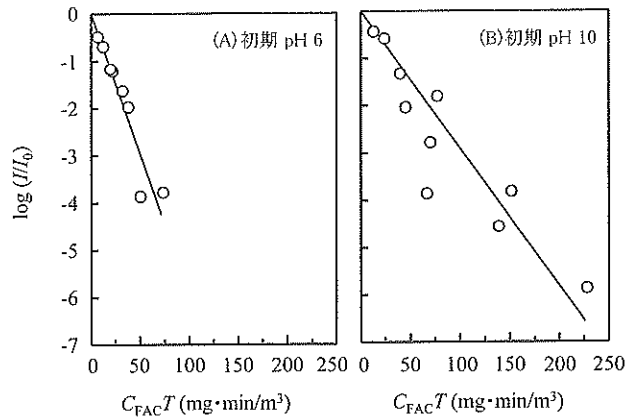


図3. pH調整弱酸性次亜塩素酸水溶液の超音波霧化による固体表面上のA型Flu Vの不活化 (直接噴霧)<sup>6)</sup>

表1. pH調整次亜塩素酸水溶液の超音波霧化による疑似乾燥Flu Vの不活化<sup>6)</sup>

水溶液	pH	FAC濃度 (mg/l)	ウイルス感染価 (log <sub>10</sub> PUF/0.1ml)		
			10分	20分	30分
蒸留水	6	-	5.21	4.69	4.25
次亜塩素酸水溶液	6	50	<1	<1	<1
		200	<1	<1	<1
		500	<1	<1	<1
	10	50	<1	<1	<1
		200	<1	<1	<1
		500	<1	<1	<1

初期ウイルス感染価: 6.38 log<sub>10</sub> PUF/0.1ml  
霧化速度: 2 ml/min, 送風量: 0.05m<sup>3</sup>/min

~ 4 log) を得るために必要な濃度時間積は、約220倍も高くなる。このように、有機物が存在する固体表面の霧化殺菌の場合、噴霧気流が直接接触する固体表面であっても、殺菌効果の著しい低下と効果発現までの遅延が起こる。

#### 4.2 インフルエンザウイルスの不活化

感染者の分泌物に含まれるインフルエンザウイルス (Flu V) は、固体表面 (媒介物) 上では乾燥状態で付着しているか、飛沫液滴中に存在している。当然のことながら、大気に露出した状態と液滴中に存在する状態では、霧化微細粒子の不活化効果は異なる。

##### (1) 不織布に付着したFlu V

表1に、レーヨン不織布上 (疑似乾燥状態) のA型Flu Vに対してpH 6および10に調整した次亜塩素酸水溶液 (50, 200, 500ppm) の霧化微細粒子を10~30分間曝露したときの感染価の変化を示す<sup>6)</sup>。この時の噴霧条件は、霧化速度2 ml/min, 送風量0.05m<sup>3</sup>/minである。なお、感染価はイヌ肝臓細胞への感染によるブラックの形成数から算出している。

霧化噴霧処理していない初期ウイルス感染価は6.38

log<sub>10</sub> PFU/0.1 mlである。蒸留水を10~30分間霧化した場合、感染価対数減少値は1.18~2.13である。一方、次亜塩素酸水溶液の霧化の場合、pH 6および10ともにすべての有効塩素濃度において感染価は検出されおらず、わずか10分以内の曝露で感染価対数減少値5以上の不活化効果が得られている。

Flu Vは、エンベロープと呼ばれる脂質二重層膜を持つ一本鎖RNAウイルスである。A型Flu Vのエンベロープ表面には、ヘマグルチニン (HA)、ノイラミニダーゼ (NA)、イオンチャンネル (M2) の3種類のタンパク質の突起がある。Flu Vの感染性の減少は、エンベロープやウイルスRNAおよび関連酵素の損傷、ならびにHAやNAの作用の阻害によって起こる<sup>9)</sup>。HOClは、ウイルスのエンベロープを透過し、より速効的にFlu Vを不活化する<sup>10, 11)</sup>。また、PCR法による検出では、次亜塩素酸水溶液 (HOCl) による不活化作用は、ウイルスRNAへの損傷に及んでいることが知られている<sup>2, 12)</sup>。一方、ウイルス感染の第一段階であるHAの吸着能あるいは最終段階のNA活性が不活化されれば、ウイルス感染価は減少する<sup>13, 14)</sup>。次亜塩素酸イオン (OCI<sup>-</sup>) は、強力な洗浄効果およびタンパク質分解作用を持つことから、Flu VのHAに損傷を与え赤血球凝集反応 (HA価) を阻害する<sup>11)</sup>。したがって、OCI<sup>-</sup>もFlu Vの感染価の減少 (不活化) に大きく寄与していると考えられる。

##### (2) 液滴中のFlu V

液滴中に存在するFlu Vを不活化するためには、霧化微細粒子中の次亜塩素酸分子が液滴中に溶解・拡散してFlu Vに作用する必要がある。そのため、大気に接した乾燥状態Flu Vに対するよりも、CFAC T値あたりの不活化効果は低減される。

図3に、液滴状のA型Flu Vに対してpH 6および10に調整した次亜塩素酸水溶液 (200, 500, 1000ppm)

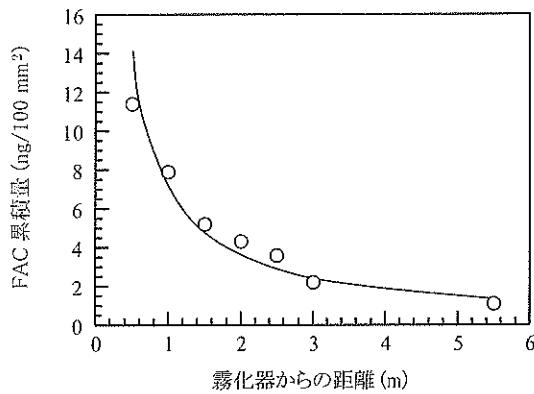


図4. 次亜塩素酸ナトリウム水溶液の超音波霧化における霧化器からの距離と飛来次亜塩素酸の累積量 (空間噴霧)<sup>4)</sup>  
室内空間: 107m<sup>3</sup>; 次亜塩素酸ナトリウム: pH 8.5, 50ppm; 霧化速度: 2 ml/min, 送風量: 0.05m<sup>3</sup>/min; 霧化時間: 1時間

の超音波霧化粒子を10~30分間曝露したときの  $C_{FAC}T$  値とウイルス感染価の対数減少値 ( $\log I/I_0$ ) の関係を示す<sup>6)</sup>。いずれの pH においても、ウイルス感染価は (2) 式の擬似一次反応に従い直線的に減少している。グラフの傾き (2式の  $k$  値) から、pH 6の次亜塩素酸水溶液の霧化微細粒子の方が、pH 10と比較して、約2倍の速度でFlu Vを不活化することがわかる。そして、液滴状のFlu Vに対して99.9%以上 ( $> 3 \log_{10}$ ) のウイルス感染価の減少を達成するためには、 $C_{FAC}T$  値としてpH 6で約60mg・min/m<sup>3</sup>、pH 10で120mg・min/m<sup>3</sup>の霧化処理が必要となる。このように、湿潤状態のFlu Vに対して有効な不活化処理を行うためには、FAC濃度と噴霧時間を大幅に増加しなければならない。

## 5. 霧化微細粒子の空間噴霧

一般的な卓上用霧化器を稼働させると、噴霧口から高さ0.5~1 mの位置まで霧化微細粒子が吹き上げられ、その後は下降気流となり、床面に到達するまでには目視できない状態になる。このような噴霧条件では、床面や壁面が霧化粒子で濡れる現象は見られず、いわゆるドライな環境が維持されるとともに、霧化器から数 m 離れた位置まで微細粒子は飛来する。

### 5.1 付着菌の不活化

ここでは、密閉した室内 (107m<sup>3</sup>) において次亜塩素酸ナトリウム水溶液 (pH 8.5, 50ppm) を充填した霧化器を1時間稼働 (霧化速度 2 ml/min, 送風量 0.05m<sup>3</sup>/min) させたときの、霧化器から一定距離離れた各地点でのFAC累積量とメンブレンフィルター上の大腸菌に対する不活化効果を紹介する。

図4に、霧化器の噴霧口からの距離と稼働1時間にキュベット (底面積100mm<sup>2</sup>) 内に降下したFAC累積

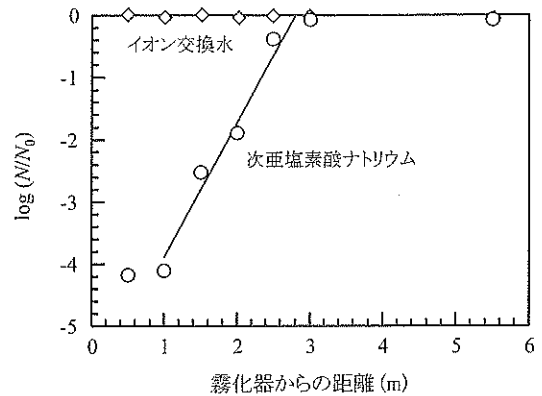


図5. 次亜塩素酸ナトリウム水溶液の超音波霧化における霧化器からの距離と大腸菌の生残率 (空間噴霧)<sup>4)</sup>  
室内空間: 107m<sup>3</sup>; 次亜塩素酸ナトリウム: pH 8.5, 50ppm; 霧化速度: 2 ml/min, 送風量: 0.05m<sup>3</sup>/min; 霧化時間: 1時間

量の関係を示す<sup>4)</sup>。FAC量は、噴霧口からもっとも近い0.5mの位置では11.4ngであったが、距離(d)が増加するとともに減少し、5.5mの位置では1.1ngに減少している。図中の実線は、累乗近似曲線である。

$$FAC \text{ 量} = 7.2d^{-0.98} \quad (R = 0.973) \quad (1)$$

この結果から、噴霧口から6 mまでの距離内において、FAC量は距離に反比例して減少することがわかる。

図5に、霧化器の噴霧口からの距離と大腸菌の生残率 (対数值) の関係を示す<sup>4)</sup>。噴霧口から1.0mでは4 log以上の対数減少値が得られているが、1.0~3.0mまでは生残率は距離に対して一次反応的に増加している。3.0m以上では生残率の対数減少値は約0.1以下でほぼ一定となる。これは、イオン交換水を霧化噴霧した場合と同等であり、不活化効果は得られないと判断できる。図4に示した各地点でのFAC累積量と比較すると、FAC累積量と不活化効果には明らかな相関関係があることがわかる。

### 5.2 空中浮遊菌の不活化

ここでは、学生と教員の計10名が出入りする実験室内 (190m<sup>3</sup>) において弱酸性次亜塩素酸水溶液 (pH 6, 50ppm) を充填した霧化器を8時間稼働 (霧化速度 2 ml/min, 送風量 0.05m<sup>3</sup>/min) させたときの空中落下菌の不活化効果を紹介する。

図6に、霧化器の噴霧口から種々の距離 (高さ0.7~2.5m) に設置した寒天培地上に形成した落下菌のコロニー数を示す。霧化噴霧していない場合、設置場所により人の出入りの頻度は異なるものの、落下菌数はおおよそ一致しており、平均値は28±6 CFU/plateである。一方、霧化器を稼働した場合、落下菌数は平均値11±4 CFU/plateであり、約60%の減少となっている。

この実験と並行して、大腸菌 (300~500CFU/plate) を塗布した寒天培地入りシャーレを上記シャーレの横に

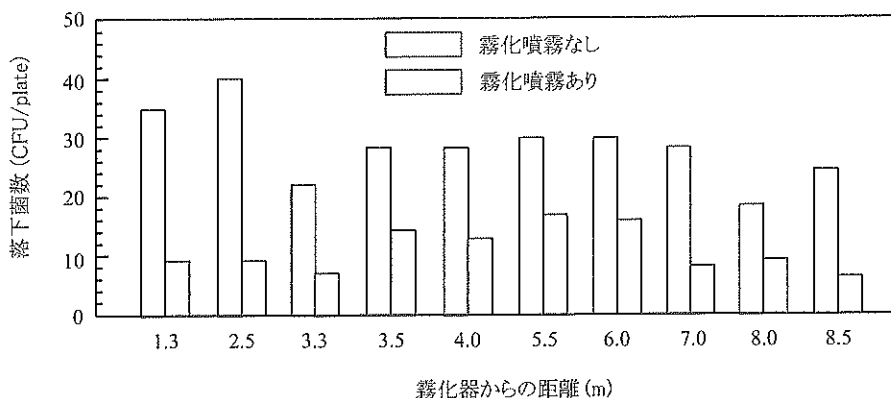


図6. 弱酸性次亜塩素酸水溶液の超音波霧化における霧化器からの距離と落下菌数（空間噴霧）  
室内空間：190m<sup>3</sup>；次亜塩素酸水溶液：pH 6.0, 50ppm；霧化速度：2 ml/min, 送風量：  
0.05m<sup>3</sup>/min；霧化時間：8時間

置いて不活化効果を検討しているが、寒天培地上の生菌数に有意な減少は見られていない。このことから、空中浮遊菌に対する霧化微細粒子の直接の作用が落下菌の減少をもたらしたと推測できる。

## 6. 安全性

霧化微細粒子の吸入の安全性も、実験動物のレベルで確認されている。ラットを用いた90日間亜慢性吸入毒性試験では、雌雄ともに体重および一般状態において、また血液学的検査および肺の病理組織学的検査の結果において、特記すべき変化は見られないことが報告されている<sup>15)</sup>。

また、金属材料に対する影響に関しては、通常の乾燥した室内環境であれば、基本的にステンレス鋼や塗装面に対してはほとんど腐食の心配はない。しかし、結露を生じやすい箇所では、腐食発生の危険性は高まる。腐食に対するもっとも簡便な対策は、対象箇所を定期的に清拭洗浄したうえで、乾燥状態を保つことである。

## 7. おわりに

地球上で生活を営む私達は、日光の紫外線という殺菌剤の照射の恩恵を受けて、自然環境の中で衛生的な生活を送っている。しかし、当然のことながら、紫外線を浴び過ぎると皮膚や目の隔膜などに障害をきたすことになる。次亜塩素酸水溶液を用いた空間噴霧も同様で、有効塩素濃度、噴霧量、噴霧時間を適切に制御することが必要である。安全・安心空間の実現に向けて、次亜塩素酸水溶液の霧化微細粒子の活用技術がさらに進展することを期待している。

## 参考文献

1) Clark, J., Barret, S. P., Rogers, M., and Stapleton, R. (2006)

Efficacy of super-oxidized water fogging in environmental decontamination. *J. Hosp. Infect.*, 64, 386–390.

2) Park, G. W., Boston, D. M., Kase, J. A., Sampson, M. N., Sobsey, M. D. (2007) Evaluation of liquid- and fog-based application of Sterilox hypochlorous acid solution for surface inactivation of human norovirus. *Appl. Environ. Microbiol.*, 73, 4463–4468.

3) 浦野博水, 福崎智司 (2010) 固体表面上の *Escherichia coli* に対する次亜塩素酸水溶液の超音波霧化の殺菌効果：防菌防黴, 38, 573–580.

4) 浦野博水, 福崎智司 (2013) 室内空間における霧化次亜塩素酸ナトリウム水溶液の遊離有効塩素量の測定：防菌防黴, 41, 415–419.

5) 小野朋子, 三宅真名, 山下光治 (2006) 弱酸性次亜塩素酸水の噴霧による種卵消毒に関する研究, 防菌防黴, 34, 465–469.

6) 福崎智司, 中山幹男, 浦野博水 (2013) pH調整次亜塩素酸ナトリウム水溶液の超音波霧化による固体表面上のA型インフルエンザウイルスの不活化, 防菌防黴, 41, 11–17.

7) 千葉 近 (1990) 超音波噴霧, pp.207–210, 山海堂.

8) Fukuzaki, S., and Urano, H. (2011) Disinfection of the institutional environment by ultrasonic fogging with pH-controlled sodium hypochlorite solutions. In *Proceedings of International Union of Microbiological Societies 2011 Congress*, Sapporo.

9) Weber, T. P., and Stilianakis, N. I.: Inactivation of influenza A virus in the environment and modes of transmission: a critical review. *J. Infect.*, 57, 361–373 (2008).

10) Rice, E. W., Adcock, N. J., Sivaganesan, M., Brown, J. D., Stallknecht, D. E., and Swayne, D. E.: Chlorine inactivation of highly pathogenic avian influenza virus (H5N1). *Emerg. Infect. Dis.*, 13, 1568–1570 (2007).

11) 福崎智司, 中山幹男, 浦野博水 (2012) 次亜塩素酸水溶液によるA型インフルエンザウイルスの感染性および赤血球凝集活性の不活化, *J. Environ. Control Tech.*, 30, 91–96 (2012).

12) Suarez, D. L., Spackman, E., Senne, D. A., Bulaga, L.,

- Welsch, A. C., Froberg, K. (2003) The effect of various disinfectants on detection of avian influenza virus by real time RT-PCR. *Avian Dis.*, 47, 1091–1095.
- 13) Ogata, N., and Shibata, T. (2008) Protective effect of low-concentration chlorine dioxide gas against influenza A virus infection. *J. Gen. Virol.*, 89, 60–67.
- 14) Oxford, J S., Potter, C. W., McLaren, C., and Hardy, W. (1971) Inactivation of influenza and other viruses by a mixture of virucidal compounds. *Appl. Microbiol.*, 21, 606–610.
- 15) 鈴木大輔, 野澤康平, 米崎孝広, 高田勇人, 吉住正和, 塚越博之, 杉本治義, 黒川奈都子, 星野利得, 木村博一, 莊司 顯, 小澤邦壽 (2013) 中性電解水で加湿した空気供給によるラット亜慢性吸入毒性. *実験動物と環境*, 21, 99–108.

# 日本防菌防黴学会誌

JOURNAL OF ANTIBACTERIAL AND ANTIFUNGAL AGENTS

## VOL.43

Z18-1164

総関

43(11)=501:2015.11



NO.11 2015

- 原著論文 食品製造機器の衛生構造の評価のための簡易試験用汚れの調製  
..... 浦野 博水ほか 515
- 解 説 次亜塩素酸水溶液の霧化微細粒子による  
付着菌および空中浮遊菌の不活化  
..... 福崎 智司 521
- 解 説 点眼剤と防腐剤  
..... 綾木 雅彦ほか 527
- 解 説 室内環境を想定した浮遊微生物除去性能評価の現状  
..... 菊野理津子 533
- 講 座 カビ検査法<sup>1</sup> 空中浮遊カビ測定  
..... 太田垣 寛ほか 541
- 講 座 やさしい微生物制御の基礎<sup>3</sup> 微生物学入門その2  
..... 高麗 寛紀 547
- 講 座 微生物試験迅速化技術の現状と展望<sup>1</sup> はじめに  
..... 宮島 誠 555
- 講 座 微生物試験迅速化技術の現状と展望<sup>2</sup>  
微生物センサを用いた空中浮遊菌の迅速測定  
..... 藤岡 一志ほか 557
- Biocontrol Science 掲載論文抄録 (Vol.20, No.2, 2015) 563/ 海外文  
献抄録 546/ 会員の声-培養- 565/ 会報 566/ カレンダー 和  
文目次裏

日本防菌防黴学会

The Society for Antibacterial and Antifungal Agents, JAPAN

<http://saaaj.jp/>