



微生物制御における次亜塩素酸水溶液の超音波霧化噴霧の有効性と安全性

※
福 崎 智 司

1. はじめに

2020年度は、COVID-19の感染拡大によって市民生活や経済活動は計り知れない大きな打撃を受けた。3月の初旬には、手指消毒用アルコールの需給が逼迫し始めた。4月初旬には厚生労働省が、一部の醸造メーカーからの高濃度エタノール製品の供給の申し出を受けて、「医療機関等において、やむを得ない場合に限り、高濃度エタノール製品を手指消毒用エタノールの代替品として用いることは差し支えない」との立場を示した。さらに、電解水製造機器を保有する団体、企業、自治体は、善意の気持ちから「次亜塩素酸水」を市民に配付する行動が見られた。

食品産業に従事する人々は、「次亜塩素酸水」は食品添加物の殺菌料であり、有効塩素濃度とpHに規定があること、そして容器に充填して流通すると認可の範囲外となることは熟知している。一方、一般市民の多くはその詳細を知る由もなく「食品添加物だから安心」という説明を受けて、各家庭に持ち帰って使用した。さらに、名称は「次亜塩素酸水」でありながらpHと濃度、製法が異なる水溶液も配付されていた実態が見られた。

このような背景の下、3～6月にかけて厚生労働省、経済産業省、文部科学省が各々の立場から、次亜塩素酸水の液性や製造方法の表示の要請、新型コロナウイルスに対する次亜塩素酸水（弱酸性）の有効性の検証、空間噴霧の是非に関する文書（随時修正を伴う）が出された。さらに、マスコミの報道内容によって市民に混乱と不安を招く事態にまで至った。特に問題視すべきは、何一つ科学的根拠を示さないまま、次亜塩素酸水の噴霧粒子を吸引すると有害、効果は不確実である、噴霧は推奨しないとした省庁からの通知（事務連絡）である。

本稿では、製造方法を問わず、次亜塩素酸を含む希薄な水溶液（有効塩素濃度：10～100ppm）を「次亜塩素酸水溶液」と総称することとし、次亜塩素酸水溶液の超音波霧化法による空間噴霧における微生物制御の基本的な考え方を解説した後に、基礎データに基づいた安全性と微生物制御における有効性について考えてみたい。

2. 塩素消毒の主役「次亜塩素酸」

次亜塩素酸は、1800年代の半ばから使用されてきた消毒剤であり、塩素消毒の活性因子として知られている。次亜塩素酸が使用され始めた当時は、塩素水という名称で産婦人科医の手指消毒に用いられ、その効果が初めて確認されたという歴史がある¹⁾。次亜塩素酸の全ての始まりは、「手指消毒に効果あり！」であった。現在では、工業製品としては次亜塩素酸ナトリウム（NaOCl）という名称で普及しており、家庭用の漂白剤、ベビーグッズの消毒剤、浴室用のカビ取り剤の主成分として幅広く使用されている。

塩素消毒の代表例は、水道水の消毒である。残留塩素濃度（水道栓で0.1～1.0ppm）を適切に管理すれば、各種の微生物に対しては殺菌および静菌効果を示す一方で、人の健康には無害である。蛇口をひねれば直接飲める衛生的な水を支えているのは次亜塩素酸なのである。水道水は、約3%が塩素ガス、97%が次亜塩素酸ナトリウムによって消毒されている。さらに、次亜塩素酸はプールの消毒にも用いられており（残留塩素濃度：0.4～1.0ppm）、人体に由来する汚れや微生物による感染を防止している。

現在、食品産業では設備、機器、器具類、食材等の洗浄・殺菌操作に用いられている次亜塩素酸水溶液としては、次亜塩素酸ナトリウムの希釈液、電気分解で調製した次亜塩素酸水（強酸性、弱酸性、微酸性）や電解次亜水、次亜塩素酸ナトリウム水溶液に酸性溶液や炭酸ガスを機械で混合して安全に調製した弱酸性次亜水がある。これらの水溶液の主たる洗浄因子または殺菌因子はいずれも次亜塩素酸（HOCl）であるが、各水溶液のpHの違いによりHOClの解離度（ $\text{HOCl} \rightleftharpoons \text{OCl}^- + \text{H}^+$ ）が変化するため洗浄と殺菌の効力は大きく異なる。すなわち、有効塩素濃度が同じ次亜塩素酸水溶液であれば、殺菌力はHOClの存在割合が大きい弱酸性水溶液が強く、洗浄力はOCl⁻の存在割合が大きいアルカリ性水溶液の方が強いのである²⁾。また、HOClは揮発性であるため、水溶液の攪拌、バブリング、噴霧、通風酸化によって容易に放散（液相から気相への移動）する。一方、OCl⁻は不揮発性であり、水溶液内にとどまる^{3,4)}。

※ 三重大学大学院 生物資源学研究科 海洋微生物学研究室

これらの特性を十分に把握して、空間に噴霧する次亜塩素酸水溶液の液性（pH、濃度）を決める必要がある。

3. 食品衛生の基本活動

次亜塩素酸水溶液の空間噴霧の効果を発揮させるためには、食品衛生の基本活動を徹底することが求められる。

一般工業製品の生産現場では、生産工程の効率化や品質管理の基本要素として5S活動（整理、整頓、清掃、躰、清潔）が注目されている。5S活動は、種々の産業の生産現場に適用できるものであり、当然ながら食品工場においても有効な活動である。しかし、ここで留意すべきは、整理・整頓・清掃はあくまで作業者の目で直接確認する清潔な状態、すなわち「目で見てキレイ」な状態である。微生物の制御対策では、肉眼では見ることのできない微視的な汚れや微生物を対象とした清潔が求められている。目で見てキレイな状態さえ得られていないようでは、微生物制御はほど遠いといえる。

微生物制御技術は、大きく分けて洗浄、殺菌、静菌、遮断の4つに大別される。洗浄は、媒体として水を使用して設備や機器に付着した汚れや微生物を外に排除する技術である。殺菌は、微生物を殺滅させる技術である。静菌とは、微生物の増殖を抑制する技術であり、微生物の増殖に不利な条件を適用することである。遮断とは、製品と環境因子とを隔離することにより、有害物質との接触を防止する技術である。これらの制御技術のうち、いずれか1つを完璧にこなせば微生物制御が達成できるというものではない。各現場に適する形で4つの技術を効果的に組み合わせる微生物を制御するという考え方が必要である。

4. 制御すべき微生物はどこにいる

次亜塩素酸水溶液の空間噴霧は、室内に存在する有害微生物の制御を目的としている。では、その微生物は何処に存在するのか？あらゆる空間において、微生物の存在数は「固体表面」の方が「空中浮遊菌」よりもはるかに多い。固体表面の中では、「床面」の微生物数をもっとも多く、次に我々の手が触れる表面である。これは、食品工場でも居住空間でも共通している。浮遊菌は、換気による空気の入れ換えやHEPAフィルタを通した清浄空気の給気で制御できるが、問題となるのは単なる空気の入れ替えだけでは除去できない付着菌の対策である。空間噴霧の真の目的は、表面を濡らすことなく、そして手を掛けることなく表面付着菌を制御することにある。

微生物を制御するとは、製品や機器を無菌状態にすることではない。製品の品質やヒトの健康に危害が発生しない範囲内まで微生物数を減少させるという意味である。

5. 空間噴霧における次亜塩素酸の2種類の形態

超音波霧化方式は、次亜塩素酸水溶液を超音波振動子により微細粒子状に霧化して空間に噴霧する方法である。霧化器から吹き出された微細粒子は、やがて重力によって下方に落下を始め、空間中で水と次亜塩素酸の揮発現象をともしながら微細化が進む。そして、床面に落下する粒子あるいは視認できない粒径となって室内を浮遊する粒子となる。一方、微細粒子から揮発した次亜塩素酸は「気体状次亜塩素酸」として室内に拡散する。すなわち、空間に噴霧された次亜塩素酸は、微細粒子中に存在する分子と気体状となって室内に拡散した分子の2種類の形態で存在し作用する（図1）。

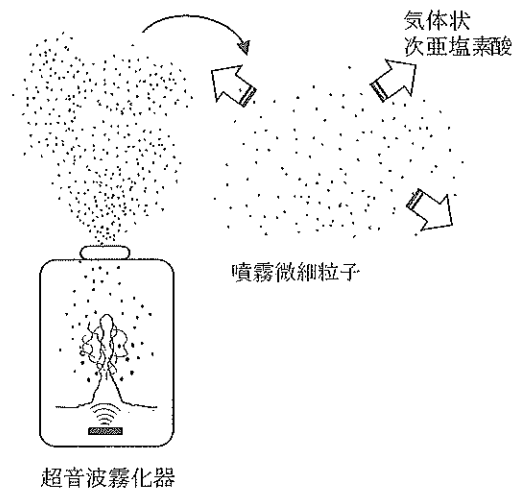


図1 空間に噴霧された次亜塩素酸の2種類の形態

次亜塩素酸の密度という点では、明らかに微細粒子中（液相）の方が空間中（気相）よりも大きい。したがって、殺菌作用は微細粒子が直接接触する方が大きい。接触箇所は限定される。気体状次亜塩素酸は、空間での密度は小さいが、均一に拡散するため室内のあらゆる表面と接触させることができるうえ、濃度の制御も容易である。

6. 安全性基準と基礎データ

微細粒子中の次亜塩素酸と気体状次亜塩素酸の作用を安全に利用するためには、各々の濃度の適正な制御と管理が必要となる。

6.1 微細粒子中に存在する次亜塩素酸

現在、液体微細粒子の作業環境基準はない。そのため、次亜塩素酸水溶液を扱う企業は、個別に実験動物を用いた吸引毒性試験、経口投与試験、皮膚刺激性試験、眼刺激性試験等を行い、霧化微細粒子の安全性を確認している⁵⁻⁸⁾。

たとえば、吸引毒性試験では、ラットを用いた90日間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

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学術論文として報告されている^{6,8)}。

6.2 気体状次亜塩素酸

気体状の化学物質に対する安全性の基準として、労働安全衛生法の環境基準および日本産業衛生学会が定める許容濃度⁹⁾があり、塩素ガス (Cl₂) に対して0.5ppm (=500ppb) と定められている。これらは、1日8時間、週40時間曝されても健康上問題のない濃度である。これは作業環境が前提であるため、食品工場等で多量の次亜塩素酸水溶液を用いる現場での基準である。一方、居住環境に適用される基準はないが、500ppbのような濃度の塩素ガスに長時間曝されることは、まずあり得ない。

現在、次亜塩素酸に対する作業環境での基準は定められていない。それには、二つの理由がある。一つは、次亜塩素酸の標準ガスがないことである。もう一つは、塩素ガスは生体の水と反応すると速やかに次亜塩素酸に変換され(1式)、この次亜塩素酸が生体に影響を及ぼすことになるから、次亜塩素酸の生体への影響は塩素ガスの影響から類推することが理にかなっているからである。さらにいえば、(1)式では副生物として塩酸が生成するため、生体組織に与える影響は塩素ガスの方が大きいと考えられる。



次項で紹介するが、希薄な次亜塩素酸水溶液 (10~100ppm) を超音波噴霧しても、基準値とする500ppbを超えることはなく、遥かに低い値で平衡値に達する。

6.3 特有の臭気

次亜塩素酸水溶液を使用する施設環境においては、いわゆる「塩素臭」が感じられる。この臭気成分の正体は、水溶液から揮発した気体状次亜塩素酸である。筆者の感覚では、気体状次亜塩素酸が約10ppb存在すれば嗅覚で感知できる。すなわち、高濃度 (>500ppb) の次亜塩素酸の存在に気付くことなく長時間曝される心配はないため、無臭の化学物質と比較すると安全性は遥かに高い。

7. 超音波霧化噴霧における室内濃度

7.1 微細粒子中の次亜塩素酸の濃度

上述のように、噴霧された微細粒子からは次亜塩素酸が揮発するため、噴霧口から離れるほど微細粒子中の次亜塩素酸の濃度は減少する。濃度の測定法は、一定の大きさの容器に微細粒子を捕集して有効塩素濃度を測定する方法が容易であるが、蛍光プローブ試薬の水溶液に次亜塩素酸を補足して蛍光強度を測定する方法などもある^{10,12)}。

図2に、無人の会議室内 (90m³) で超音波霧化器 (1.6MHz) を用いて次亜塩素酸水溶液 (pH5.8, 50ppm) を1時間噴霧 (300mL/h) したときに、シャーレ内の純水 (10mL) に捕集された次亜塩素酸の濃度 (ppm [mg/L]) を示

す。噴霧口は、床から1mの位置にあり、霧化器から0.5m間隔で床面および高さ0.8mの机の上にシャーレを置いてある。有効塩素濃度は、霧化器に近いほど高く、また床面の方が机の上よりも高い。過去の研究では、次亜塩素酸の到達量は距離に反比例すると報告している¹¹⁾。床面でもっとも高い有効塩素濃度は、霧化器から0.5mの位置の0.04ppmであり、水道水の基準にも満たない濃度である。2m以上離れると、有効塩素濃度は検出限界以下 (<0.01ppm) となっている。高さ0.8mの机では、噴霧口から0.5mの位置で0.02ppmが検出されたのみで、1m以上離れると検出限界以下である。この結果から、微細粒子は下方に落下する傾向があるため床面ほど次亜塩素酸の到達量が高く、高い位置 (0.8m) では到達量が低いことがわかる。すなわち、噴霧口から一定の距離を空ければ、着座姿勢および起立姿勢の我々の顔の位置 (吸引する位置) における微細粒子中の次亜塩素酸は極めて低濃度かつ極少量なのである。

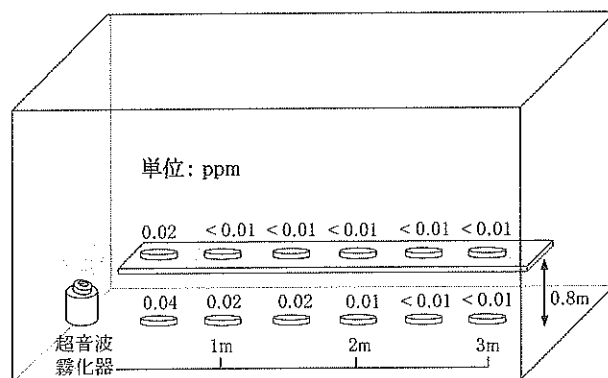


図2 会議室 (90m³) における次亜塩素酸水溶液の超音波霧化微細粒子の到達濃度の測定

- ・会議室：無人，閉扉，空気攪拌なし
- ・次亜塩素酸水溶液 pH5.8, 50ppm; 1時間噴霧: 300mL/h

7.2 気体状次亜塩素酸の濃度

気体状次亜塩素酸の濃度の簡易測定には、定電位電解式センサを装着した塩素ガス検知器を用いることができる¹³⁾。

図3に、無人の会議室内 (90m³) において図2と同様の条件で次亜塩素酸水溶液 (pH5.8, 50ppm) を超音波霧化器で1時間噴霧 (300mL/h) したときの室内の気体状次亜塩素酸の濃度 (単位: ppb [v/v]) を示す。測定位置は、噴霧口から1m, 2m, 3m離れた地点で床面から天井に向けた種々の高さとした。気体状次亜塩素酸の濃度は、床面に近いほど高く、天井に向かうほど低くなっている。これは、微細粒子が床面に向かって落下する際、揮発した気体状次亜塩素酸が微細粒子に吸着・吸収され、再び揮発する。これを繰り返すと、やがて床面から高さ方向に向けた次亜塩素酸の濃度勾配が形成されると考察している。また、気体状次亜塩素酸の濃度は、相対的に霧化器に近いところで

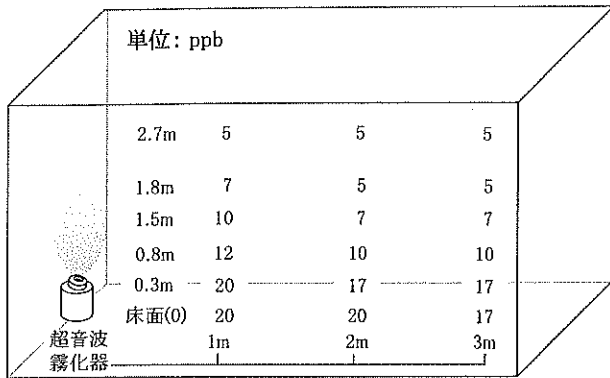


図3 会議室 (90m³) における次亜塩素酸水溶液の超音波霧化による気体状次亜塩素酸の濃度分布の測定
 ・会議室：無人，閉扉，空気攪拌なし
 ・次亜塩素酸水溶液:pH5.8,50ppm; 1時間噴霧:300mL/h

ずかに高い傾向が見られるが、距離に関係なくほぼ均一である。この実験結果からもわかることであるが、着座姿勢および起立姿勢の我々の顔の位置（吸引する位置）における気体状次亜塩素酸濃度は、基準濃度（500ppb）と比較すると1/50～1/100の濃度なのである。

7.3 過剰噴霧を想定した気体状次亜塩素酸の濃度

図4は、小型チャンバー（1m³）を会議室と見立てて、次亜塩素酸水溶液（pH5.8,50ppm）を超音波霧化器（2.4MHz）で1時間噴霧（150mL/h）したときのチャンバー内の気体状次亜塩素酸の濃度の経時変化である。相対湿度は、運転20分後にはほぼ100%に達し、その後はチャンバーの床面、側面、天井面において結露が生じ始めた。明らかな、過剰噴霧の状態を再現できていると判断する。

気体状次亜塩素酸の濃度は、運転時間の経過とともに上昇するが、やがて平衡値に達する。本実験では、平衡値は

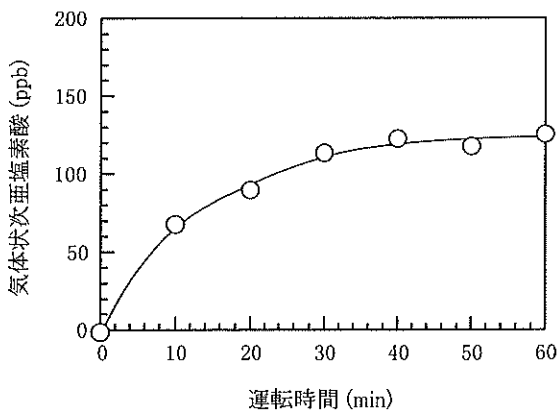


図4 小型チャンバー（1m³）における次亜塩素酸水溶液の超音波霧化による気体状次亜塩素酸の濃度の経時変化
 ・チャンバー：無人，閉扉，空気攪拌なし
 ・次亜塩素酸水溶液:pH5.8,50ppm; 1時間噴霧:150mL/h

120ppbであり、基準値の約1/4であった。これは、相対湿度および気体状次亜塩素酸濃度の上昇によって、気液平衡の関係で微細粒子から揮発する水および次亜塩素酸が徐々に減少するからである。その結果、微細粒子は噴霧口での粒径を保ったまま、チャンバーの壁面に落下・吸着して結露を起こす。このように、仮に過剰噴霧が行われたとしても気体状次亜塩素酸の濃度が上昇し続けるわけではない。

8. 殺菌・不活化効果

8.1 微細粒子中に存在する次亜塩素酸

図5に、pH6.0およびpH10に調整した次亜塩素酸水溶液（50ppm）の超音波霧化微細粒子をメンブレンフィルター上の大腸菌（霧化器から0.3m）に直接接触させたときの生残率の変化を示す¹⁰⁾。横軸は、有効塩素濃度と霧化量と送風量から算出した見掛けの濃度時間積（CT）値（mg・min/m³）、縦軸は生残率の対数値である。いずれのpH値においても、生残率は直線的（一次反応的）に減少し、20分間の接触によって4桁の減少に達している。殺菌効果は、CT値に依存しているので、噴霧量と接触時間を調節することによって、最適な殺菌条件を設定すればよい。

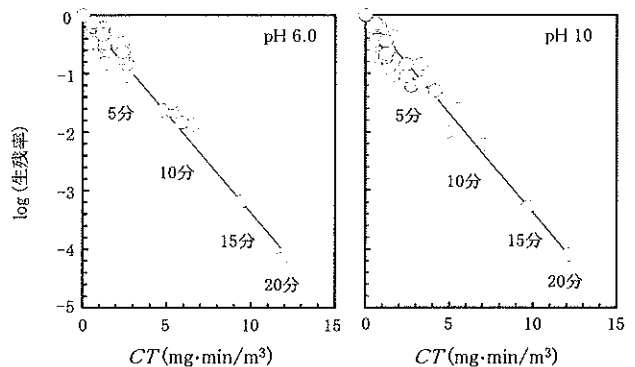


図5 pH調整次亜塩素酸水溶液（50ppm）の超音波霧化によるメンブレンフィルタ上の大腸菌の不活化（直接噴霧）¹⁰⁾

一般に、水溶液中における次亜塩素酸の殺菌効果はHOCl濃度に依存するため、弱酸性水溶液（pH6.0）の方が殺菌効果は大きい。しかし、HOClは揮発性が高いため殺菌対象物に到達するまでに濃度の減少が大きいため、弱酸性水溶液と弱アルカリ性水溶液の超音波霧化では液相での殺菌効果ほどの差は見られないことがある。

表1に、pH6.0およびpH10に調整した次亜塩素酸水溶液（50ppm）の超音波霧化微細粒子をレーヨン不織布に付着させたA型インフルエンザウイルス（霧化器から0.4m）に10～30分間直接接触させたときの感染価の変化を示す¹²⁾。感染価はイヌ肝臓細胞（MDCK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。初期ウイルス感染価は6.38-

表1 pH調整次亜塩素酸水溶液によるレーヨン不織布上のインフルエンザウイルスの不活化 (直接噴霧)¹²⁾

水溶液	pH	FAC濃度 (ppm)	ウイルス感染価 (log ₁₀ PFU/0.1 ml)		
			10分	20分	30分
蒸留水	6	—	5.21	4.69	4.25
NaOCl	6	50	<1	<1	<1
	10	50	<1	<1	<1

初期ウイルス感染価: 6.38-log₁₀ PFU/0.1 ml

log₁₀ PFU/0.1ml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。次亜塩素酸水溶液の霧化の場合、pH6.0およびpH10の水溶液の噴霧では感染価は検出されておらず、わずか10分以内の暴露で感染価対数減少値4以上の不活化効果が得られている。

インフルエンザウイルスは、エンベロープ (脂質二重層膜) を持つ一本鎖RNAウイルスである。インフルエンザウイルス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。感染価の減少は、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¹⁴⁾。HOClは、ウイルスのエンベロープを透過し、より速効的にインフルエンザウイルスを不活化する^{15,16)}。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^{2,12)}。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^{17,18)}。次亜塩素酸イオン (OCI-) 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、インフルエンザウイルスのHAに損傷を与え赤血球凝集反応 (HA価) を阻害する¹⁹⁾。したがって、OCI-もインフルエンザウイルスの感染価の減少 (不活化) に大きく寄与している。

8.2 気体状次亜塩素酸

ここで紹介する実験は、微細粒子中の次亜塩素酸の効果と明確に区別するために、通風気化方式によって次亜塩素酸水溶液から放散させた気体状次亜塩素酸に細菌とウイルスを接触させる系で実施した事例である。

図6に、腸炎ピブリオ (6 × 10⁴ CFU/plate) を塗布した湿潤寒天平板シャーレを通風気化装置から0.4mの位置に設置した小チャンパー (0.3m³; 22°C, 72%RH) 内に置き、気体状次亜塩素酸 (25~50ppb) を60分間吹き付けた時の生菌数 (対数値) の変化を示す¹⁹⁾。生菌数は暴露時間とともに減少し、30分後には検出限界以下 (<10CFU/plate) に達している。また、CT値を横軸として生菌数の対数値と

再プロットすると、20分の生残曲線 (CT値: ~150ppb・min) は直線近似で表すことができ (図は省略)、HOCl_gの殺菌効果はCT値に依存することも確かめられている。気体状次亜塩素酸は、低濃度であっても優れた殺菌効果を示すことがわかる。

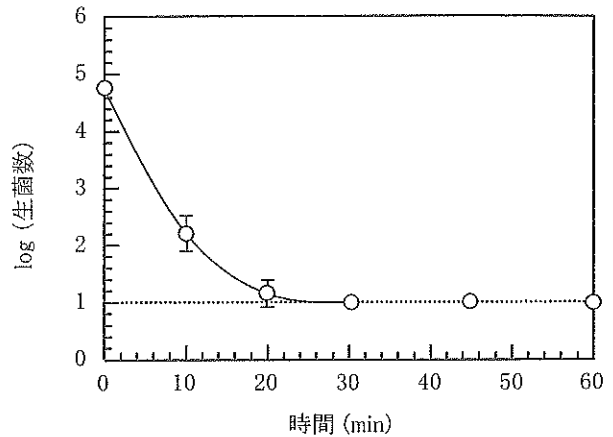


図6 湿潤寒天平板上の腸炎ピブリオに対する気体状次亜塩素酸の殺菌効果¹⁹⁾
・気体状次亜塩素酸: 25~50ppb

図7は、25mlの密閉室内 (20°C, 50%RH) にA型インフルエンザウイルスを塗布 (10⁵~10⁶ TCID₅₀/mL) したシャーレを通風気化装置から1.5mの位置 (高さ1.2m) の台に置き、気体状次亜塩素酸 (10~15ppb) 接触させたときの感染価 (対数値) の減少曲線である²⁰⁾。本実験環境では、インフルエンザウイルスの180分間における自然減衰は軽微であった (コントロール)。気体状次亜塩素酸への接触の結果、コントロールと比較すると、60分で2.4-logの減少、120分で5.2-log以上の減少 (検出下限以下) に達した。

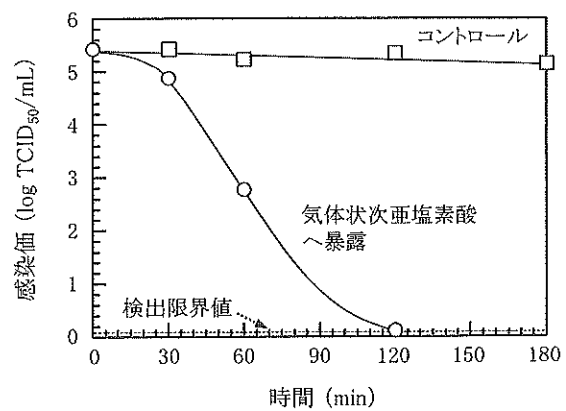


図7 乾燥固体表面上のA型インフルエンザウイルスに対する気体状次亜塩素酸の不活化効果²⁰⁾
・気体状次亜塩素酸: 10~15ppb

冒頭にも触れたが、次亜塩素酸の放散量は次亜塩素酸水

溶液中のHOCl濃度に依存する^{3,4)}。また、単位時間当たりのHOCl_gの放散量は通風量に依存して増加する⁴⁾。これは、液相から気相への物質移動における推進力が、溶液（バルク）と気液界面におけるHOClの濃度差であること、そして風量の増加により気相境膜の厚さが薄くなり、液相から気相への物質移動抵抗が小さくなることに起因している。このように、次亜塩素酸の放散量は供給する次亜塩素酸水溶液のpH、濃度、通風量で制御することができる。

さらに、気体状次亜塩素酸の殺菌・不活化効果は、相対湿度に依存して増大することが知られており²⁰⁾、気体状次亜塩素酸による室内空間の微生物制御においては、室内の相対湿度の調整が重要な因子となっている。

6. おわりに

新型コロナウイルスの感染経路は、飛沫感染と接触感染が主とする見解が主流であった。しかし、ここに来てWHOの再検証が進み、換気が悪く密閉された空間においてエアロゾル感染（空気感染）を示唆する研究が報告されており、完全には排除できないとの見解を公表した。エアロゾル感染としては、結核菌や麻疹ウイルスによる感染が知られている。これに対する予防策として、果たしてこれまでの換気、手洗い、アルコール消毒、マスク、三密回避で十分であろうか？ハードル理論として、組み合わせ可能な微生物制御技術は他にはないのか？

日本には世界に誇れる「水道水の塩素消毒技術」がある。次亜塩素酸の利用技術もまた然りである。保育園から大学に至る教育施設や介護施設、また一部の病院ではこれまでも次亜塩素酸水溶液の超音波霧化噴霧を使用してきた実績がある。因果関係が明確に示された事故例の報告は、皆無に等しい。ここで紹介した「次亜塩素酸水溶液を用いた超音波霧化噴霧」は、従来の防衛的対策との組み合わせが可能な技術の一つとして微生物制御に有効な方法であると考えている。国や各自治体は、国内外でどのような研究が行われているのか、安全性と有効性に関する科学的データを集約して、第2波への対策を早急に講じるべきである。

引用文献

- 1) 玉城英彦：手洗いの疫学とゼンメルワイスの闘い、人間と歴史社 (2017)。
- 2) Fukuzaki, S. : *Biocontrol Sci.*, 11, 147-157 (2006)。

- 3) 加藤稔也、牧村祥子、吉田真司、村松 隆、林 智裕、井深祥太、福崎智司 : *J. Environ. Control Technique*, 36, 35-39 (2018)。
- 4) 吉田真司、村松 隆、福崎智司 : 防菌防黴、44, 113-118 (2016)。
- 5) 大滝義博 : 強酸性電解水の基礎知識、p.67-89、オーム社 (1997)。
- 6) 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 : *実験動物と環境*、21, 99-108 (2013)。
- 7) 土井豊彦 : 防菌防黴、30, 813-819 (2002)。
- 8) 三宅真名、那須玄明、山下光治、倉林讓 : *実験動物と環境*、11, 42-47 (2003)。
- 9) 日本産業衛生学会 : 産衛誌、61, 170-202 (2019)。
- 10) 浦野博水、福崎智司 : 防菌防黴、38, 573-580 (2010)。
- 11) 浦野博水、福崎智司 : 防菌防黴、41, 415-419 (2013)。
- 12) 福崎智司、中山幹男、浦野博水 : 防菌防黴、41, 11-17 (2013)。
- 13) 吉田真司、林 智裕、加藤稔也、草川 貴、福崎智司 : *J. Environ. Control Technique*, 35, 260-266 (2017)。
- 14) Weber, T.P., and Stilianakis, N.I. : *J. Infect.*, 57, 361-373 (2008)。
- 15) Rice, E.W., Adcock, N.J., Sivaganesan, M., Brown, J. D., Stallknecht, D.E., and Swayne, D.E. : *Emerg. Infect. Dis.*, 13, 1568-1570 (2007)。
- 16) 福崎智司、中山幹男、浦野博水 : *J. Environ. Control Technique.*, 30, 91-96 (2012)。
- 17) Park, G.W., Boston, D.M., Kase, J.A., Sampson, M.N., Sobsey, M.D. : *Appl. Environ. Microbiol.*, 73, 4463-4468 (2007)。
- 18) Suarez, D.L., Spackman, E., Senne, D.A., Bulaga, L., Welsch, A.C., Froberg, K. : *Avian Dis.*, 47, 1091-1095 (2003)。
- 19) 牧村祥子、加藤稔也、吉田真司、林 智裕、井深祥太、堀切茂俊、福崎智司 : *J. Environ. Control Technique*, 37, 163-169 (2019)。
- 20) 福崎智司 : SUNATEC e-Magazine, vol.124, <http://www.mac.or.jp/mail/160701/01.shtml> (2016)。
- 21) 吉田真司、林 智裕、井深祥太、堀切茂俊、福崎智司 : 防菌防黴、47, 3-6 (2019)。

ISSN 0285-4449

Z17-883

雑誌

52(1):2020



1 2 8 2 0 0 0 2 1 7 8 1 7 1 1



VOL.52

PACKAGING OF
FOODSTUFF

No.1

食品の包装

第52巻第1号 令和2年

特集
食の国際化

包装食品技術協会