

低濃度二酸化塩素ガスを用いた空間浄化の新提案

A New proposal for aerial disinfection by low concentration chlorine dioxide gas

大幸薬品株式会社

さかせがわ みゆっせ みうら たかのり
逆瀬川 三有生・三浦 孝典
しばた たかし
柴田 高

柴田 高
川崎医科大学卒業、大阪大学医学部第二
外科に入局。大阪府立成人病センター外
科医員、市立豊中病院外科部長を経て
2004年大幸薬品副社長、2010年6月から
代表取締役社長。医師、医学博士。

Key words：二酸化塩素，空間浄化，ウイルス，細菌

はじめに

19世紀から20世紀初頭にかけて活躍したイギリスの外科医ジョセフ・リスターは、「大気中のなにかが手や器具に付着して傷を腐敗させる」と仮説を立て、フェノールを器具や手の消毒に加え室内へ噴霧することで、当時「手術熱」と呼ばれていた感染症による死亡率を低減させることに成功した¹⁾。その後、物体や手に対しては、様々な消毒剤を用いる方法へと発展したが、有人下の空間に対する浄化方法は、換気や空気清浄機での捕集による間接的な手法に置き換わった。これは空間に消毒剤を噴霧することへの効果が不明であることや有人下での安全性の確保が困難であることに起因する。そこで我々は、これらの課題を克服しつつ空間浄化が行なえる方法として、低濃度の二酸化塩素ガスによる空間浄化について様々な検証結果を基に提案する。

1. 低濃度二酸化塩素ガスとは

二酸化塩素は、19世紀にイギリスの化学者ハンフリー・デービーにより発見され、常温では黄色の気体（ガス）で、水に溶けやすい。現在、二酸化塩素は、国内では、水道法によ

り水道水の一次消毒への使用²⁾や食品衛生法により小麦粉の漂白への使用³⁾が認められている。また、2001年に米国で起きた炭疽菌テロ事件の際、炭疽菌芽胞入りの封筒が届けられた建物を消毒するのにも使用された⁴⁾。一方、製紙業界をはじめとする産業界において二酸化塩素ガスが利用されており、職業性暴露の基準値として、8時間加重平均値（TWA、米国労働衛生専門家会議が決めた大多数の労働者がその濃度に1日8時間、1週40時間曝露されても健康に悪影響を受けないとされる濃度）が0.1ppmと定められている⁵⁾。

そこで我々は人が継続的に活動できる二酸化塩素ガスの濃度範囲として0.01～0.05ppmを「低濃度」と定義した（図1）。そして特許技術により、低濃度となるように二酸化塩素ガスを空間中に発生させる「クレベリン発生機 リスパス」及び「クレベリンゲル」を製品化した。クレベリンゲルを室内に設置して、1ヶ月間の室内二酸化塩素ガス濃度が「低濃度」の範囲内（0.03ppm程度）になることを確認した上⁶⁾で、検証を開始した。

2. ウイルス・菌に対する検証

二酸化塩素は、タンパク質を構成するアミノ酸残基の中のチロシン残基とトリプトファ

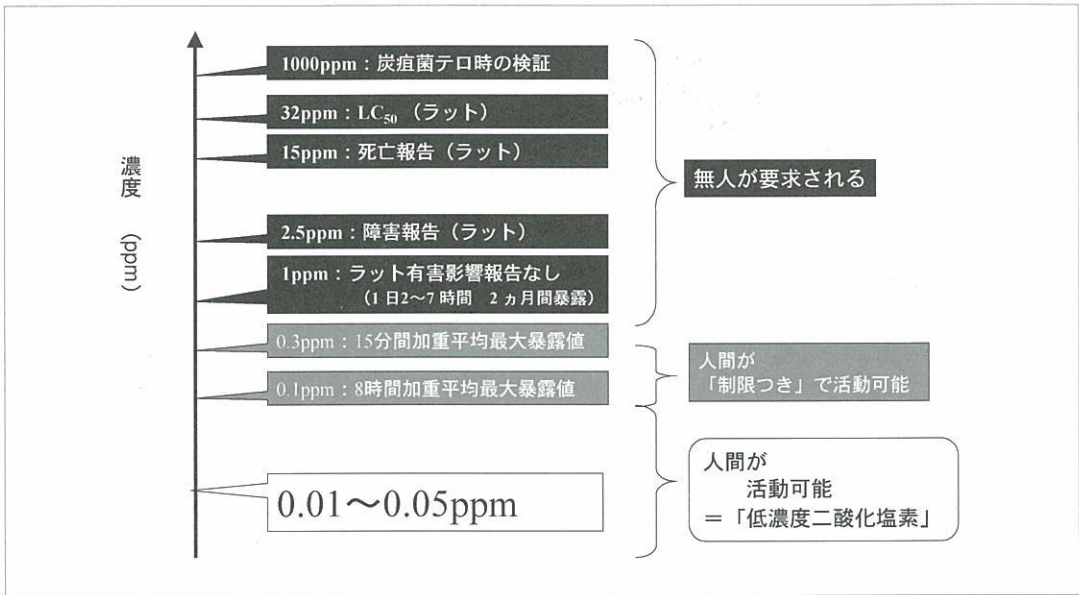


図1 二酸化塩素ガスに関する報告と低濃度二酸化塩素ガス

ン残基を酸化させることで、除菌やウイルス除去の働きを発揮する⁷⁾。そこで、インフルエンザウイルス、ネコカリシウイルス（ノロウイルスの代替）、大腸菌、黄色ブドウ球菌を含む溶液をそれぞれシャーレに滴下し、クレベリン発生機 リスパスにより二酸化塩素ガス濃度を0.05ppmに調節した室内に静置した後、それぞれの感染価又は生菌数を経時的に測定した。その結果、感染価又は生菌数は、シャーレを室内に3時間置いたときにはそれぞれ100～10,000分の1に減少する結果が報告された（表1）⁸⁾。

さらにウイルスの飛沫をマウスに感染させ

る実験結果も報告されている⁹⁾。マウスをケージにそれぞれ15匹飼育し、途中で15分間インフルエンザウイルスの飛沫に暴露させて感染させる実験系において、ウイルス飛沫を暴露させる際にケージ内に低濃度の二酸化塩素ガス（0.03ppm）を存在させた場合と空気のみの場合におけるマウスの生存数（10匹使用）と肺中のインフルエンザウイルスの感染価（5匹使用）を比較した（図2）。その結果、空気のみの場合では10匹中7匹のマウスが死亡したのに対して、低濃度二酸化塩素ガスが存在する場合ではマウスは死亡しなかった。肺中のウイルスの感染価は、低濃度二酸化塩

表1 低濃度二酸化塩素ガスのウイルス、細菌に対する働き

ウイルス／細菌	低濃度二酸化塩素ガス（濃度0.05ppm）の働き
インフルエンザウイルス	3時間の暴露で感染価が10万分の1以上低下した
ネコカリシウイルス （ノロウイルスの代替）	4時間の暴露で感染価が100分の1以上低下した
大腸菌	3時間の暴露で生菌数が100分の1以上低下した 4時間以上の暴露で生菌数が10万分の1以上低下した
黄色ブドウ球菌	3時間の暴露で生菌数が100分の1以上低下した

森野ら 日本防菌防黴学会 第37回年次大会2010

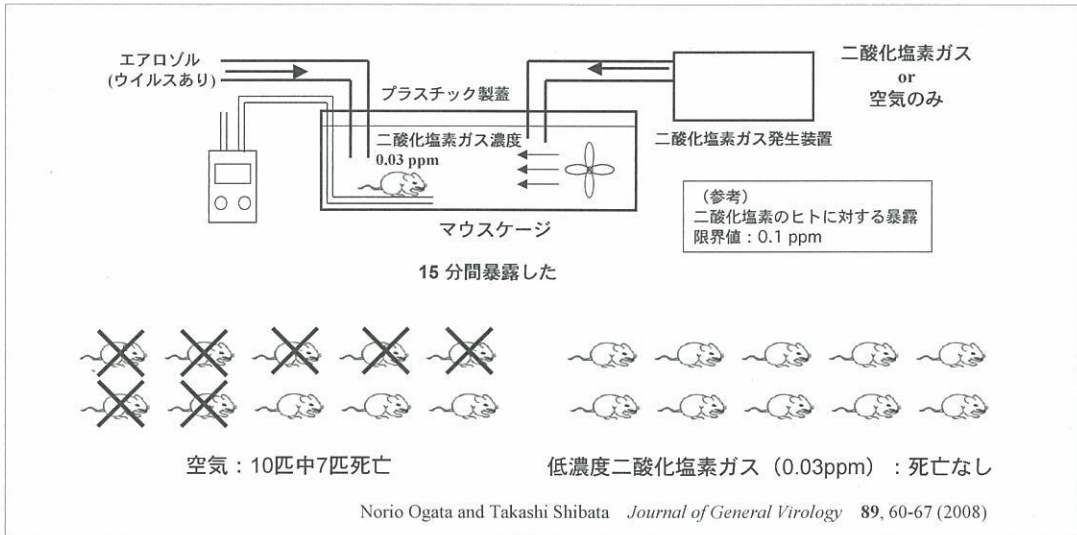


図2 マウスのインフルエンザ感染死亡に対する低濃度二酸化塩素ガスの影響

表2 ウイルス暴露後72時間経過したマウス肺中のウイルス力価

二酸化塩素ガス濃度 (ppm)	ウイルス力価 (log10) *	Mean±SD
0	6.3 6.8 6.8 6.8 6.8	6.7±0.2†
0.03	1.3 2.1 3.6 4.8 1.3	2.6±1.5†

*：ウイルス暴露後72時間経過したマウス肺中のウイルスのTCID₅₀値 (n=5)

†：P=0.003 (Student t検定)

Norio Ogata and Takashi Shibata
Journal of General Virology 89, 60-67 (2008)

素ガスが存在した条件では、空気のみと比較して約1万分の1に低減されていた (表2)。

3. 低濃度二酸化塩素ガスの安全性

低濃度二酸化塩素ガスの安全性についての検証として、5週齢のラットをクレベリン発生機 リスパスを用いて発生させた0.05および0.1ppmの二酸化塩素ガスに1日24時間、6ヶ月間にわたり連続暴露させる安全性試験を行なった。試験項目として、死亡数、一般状態、剖検所見 (脳、下垂体、眼球、甲状腺、気管、胸腺、心臓、大動脈、肺、気管、肝臓、脾臓、膵臓、副腎、胃、腎臓、小腸、大腸、卵巣、精巣、膀胱、大腿骨、鼻腔部) を測定した。その結果、半年間を通じてラットは死

亡せず、異常は生じないことが確認された¹⁰⁾。

4. 低濃度二酸化塩素ガスを用いた空間浄化

以上の知見に加え、インフルエンザの流行シーズンにおける低濃度二酸化塩素ガスを用いた空間浄化について前向きコホート研究の結果が報告されている¹¹⁾。

隣接した2つのオフィス棟について、片方の建物の全室には、二酸化塩素放出剤としてクレベリンG (クレベリンゲルの業務用製品) を設置し、他方には設置せずに、2009年1月から3月にかけてインフルエンザ様症状を呈する勤務者の数を測定した。その結果、クレベリンGを設置した建物の勤務者群では、設置しなかった建物の勤務者群に比べてインフ

ルエンザ様の症状を示す人数が少なくなるという結果が得られた(表3)。二酸化塩素放出剤のインフルエンザ様症状に対する相対危険度(relative risk)は0.32となり、低濃度二酸化塩素ガスが存在することで、インフルエンザ様疾患の発生が減じる可能性が示唆されている¹¹⁾。

また小学校の教室でクレベリンGを消臭目的で設置した後、生徒の累積欠席率を事後調査したところ、未設置の場合に比べて有意に低下した(4.0%→1.5%)という結果が報告されている¹²⁾。

おわりに

従来、空間の衛生管理は、一部の特殊な空間を除き、マスクの着用や咳エチケットのように各個人の意識や技術に負うところが大きい。本稿で紹介した低濃度二酸化塩素ガスによる空間浄化は、個人の努力に頼ることなく空間全体を除菌できるため、衛生管理手法として大きな可能性を秘めたものである。

当社でも、新型インフルエンザの流行時における職場感染対策として、うがい、手洗い、咳エチケットに加えて、クレベリン発生機及びクレベリンゲル設置による空間浄化を取り入れている。社内のインフルエンザ発生状況は、本社の所在する大阪府よりも発生数が少なく流行のピークも遅れる傾向が報告された¹³⁾。

電力消費の低減が求められている昨今、HEPAフィルターを通して、換気回数を上げることで実現する空間浄化においては、空調機の負荷上昇による電力消費の増加が懸念される。今回提案する低濃度二酸化塩素ガスを用いることで、換気回数の低減による電力消費の低減も可能ではないかと考える。さらに

表3 二酸化塩素放出剤の介入とインフルエンザ様症状患者数

	介入群 (ガス濃度平均：0.01～0.02ppm)	非介入群
症状あり	8名 (迅速キット陽性2名)**	32名 (迅速キット陽性12名)
症状なし	337名	410名
計	345名	442名

二酸化塩素放出剤の介入とインフルエンザ様症状に対する相対危険度(relative risk)は
 $\text{relative risk} = (8/345) / (32/442) = 0.32$

** P<0.05 非介入群に対して有意差あり

三村ら 環境感染誌 25(5), 277-280 (2010)

安全性と有効性の研究を重ねるとともに、製品開発を行い、低濃度二酸化塩素ガスによる空間浄化の普及に今後も努めていきたい。

文献

- 1) エルゲン・トールヴァルト 「近代医学のあけぼの」 ヘルス出版 2007年
- 2) 平成17年度 標準技術集 水処理技術 特許庁ウェブサイト
http://www.jpo.go.jp/shiryousonota/hyoujun_gijutsu/mizushori/1-7-1.pdf
- 3) 食品添加物一覽 日本食品添加物協会ウェブサイト
<http://www.jafa.gr.jp/tenkabutsu01/pdf/sitei110315.pdf>
- 4) Anthrax spore decontamination using chlorine dioxide アメリカ合衆国環境保護庁ウェブサイト
<http://www.epa.gov/opp00001/factsheets/chemicals/chlorinedioxidefactsheet.htm>
- 5) 国際化学物質安全性カード ICSC番号0127「二酸化塩素」
- 6) 竹内ら 2010年度日本建築学会大会(北陸)
- 7) Ogata N. Biochemistry 46, 4898-4911 (2007)
- 8) 森野ら 第37年次大会(2010)
- 9) Ogata N., Shibata T. J Gen Virol. 89, 60-67 (2008)
- 10) 柴田 第59回日本感染症学会東日本地方会学術集会 第57回日本化学療法学会東日本支部総会 合同学会学術講演会ワークショップ講演資料
- 11) 三村ら 環境感染誌 25(5), 277-280 (2010)
- 12) Ogata N., Shibata T. Int. J. Med. Med. Sci. 1(7), 288-289 (2009)
- 13) 柴田ら クリーンテクノロジー 21(6), 68-72 (2011)

<本稿は、第59回日本感染症学会東日本地方会学術集会・第57回日本化学療法学会東日本支部総会 合同学会の発表内容を基に作成された。>