

【研究報告】

低濃度オゾン利用の有効性に関する調査研究

熊谷知哉

日本医療・環境オゾン研究会会報, Vol.12, No.3, 42-46. (2005)

研究報告

低濃度オゾン利用の有効性に関する調査研究

埼玉県産業技術総合センター 熊谷知哉

要約 オゾンガスによる殺菌効果の検討事例について公開されているデータを集積し、温湿度など諸条件の違いをあえて問わず、濃度時間積と微生物の生存率による一つの座標に並べ比較した。その結果、オゾンガスによる殺菌効果の限界と考えられる境界が現れた。オゾン濃度 0.1ppm 以下におけるプロットも、より高濃度におけるプロットと同様に分布しており、低濃度オゾン利用の有効性に関する期待度が高まった。

キーワード：低濃度オゾン、殺菌、有効性、文献調査

1 はじめに

オゾンの殺菌力は、大腸菌をはじめ、黄色ブドウ球菌、腸炎ビブリオ、枯草菌などの多くの細菌、ポリオウイルス等病原微生物に有効性が認められており、時間がたつと分解して酸素に戻る特徴のあることから、現在でも福祉施設、医療機関をはじめ多くの場所で用いられている。

一方、人体がオゾンに暴露された場合、オゾンの強い殺菌力は同時に健康を害する原因ともなり得るため、居住空間においてオゾンを開放利用する際には、その許容濃度を見定めると同時に、許容濃度範囲内のオゾンガスが殺菌にどれだけ有効であるかを検討する必要がある。

そこで、作業環境基準である濃度 0.1ppm 以下のオゾンガスを低濃度オゾンと定義し、その殺菌効果についてのデータを集め比較することにより、低濃度オゾン利用の有効性を検討した。なお、オゾンによる微生物の殺滅にも、本来は殺菌、滅菌、消毒、静菌の別があるが、本報告では表現を統一し、殺菌とした。

2 調査方法

2.1 情報収集

気相でのオゾン殺菌について具体的な数値で示されたデータを、既存の研究報告書、講演要旨、インターネット、書籍等より可能な限り広く収集した。

対象はオゾンガス単独による気相殺菌のみとし、紫外線や負イオン等と併用している装置や、オゾン水による殺菌は対象外とした。菌体表面が水分で覆われている場合や、担体上の菌の分布状態について厚みが無視し得ない場合については、オゾンガスが自然に菌体表面に到達する場合に限り気相殺菌と同等に扱い採用した。

2.2 データ集積と再解析

収集した全てのデータを、濃度時間積と生存率の関係に再計算し一つの座標に並べた。オゾン濃度については、実験系内の値又はオゾン発生器出口での値を引用した。暴露時間については、データ又は論文内容より読み取りその値を用いた。断続的なオゾン暴露を行った場合においては、暴露時間の総和とした。

生存率は、処理前値または Blank 値に対する処理後値の比として求めた。文献に生存率(生菌率)の記載があった場合はその値を直接用いた。その他、殺菌率(死滅率)や殺菌効率の記載があった場合は適宜換算して用いた。

3 結果と考察

3.1 情報収集の結果

これまで、3件のインターネット情報を含む26件の情報^{1)~26)}が集まり696点のデータを得た。得られた情報には、様々なオゾン濃度、対象菌種、温湿度条件における実験結果が含まれており、その内訳を表1に示す。

オゾン濃度については 1ppm より高いものが 390 点と多く、0.1ppm 以下は 60 点と少なかった。対象菌種については芽胞菌及びその他の細菌を扱ったものがそれぞれ242点、260点と多く、真菌やウイルスを扱ったものは少なかった。温度について記載されていたものは259点でそのうち186点は10℃以上30℃以下の日常的な温度におけるものであった。湿度について記載されていたものは344点で相対湿度90%以上の高湿度におけるものが194点と多かった。温度および湿度について記載のないデータについて、その多くは現場での実地試験等において得られたものであった。

3.2 低濃度オゾンによる微生物の殺菌に関する既存の検討事例

得られた情報には、濃度 0.1 ppm 以下のオゾンガス利用で殺菌効果を得たとするものも含まれており、表 2 に概略を紹介する。畜産現場や食品工場など多様の現場において濃度 0.1ppm 以下のオゾンガス単独による殺菌効果が認められている。また冷凍庫での低濃度オゾン利用など温湿度条件の管理された環境下でも検討事例があり、オゾン濃度 0.1ppm 以下での殺菌効果が認められている。しかし、オゾン濃度 0.1ppm 以下の範囲において、温湿度や風量等の諸条件による殺菌効果への影響を検討した事例は、現在まで検索されていない。

3.3 データ集積結果より推察されるオゾン殺菌の限界

濃度時間積とオゾン処理後の生存率との関係について、プロットの形状を芽胞菌以外の細菌、芽胞菌、*Candida* 属以外の真菌、*Candida* 属、ウイルスの別により分類したものを図 1 に示す^{27)、28)}。

同じ濃度時間積であっても、生存率に大幅なばらつきが認められる。ウイルスは全てHVJウイルスである。

表1 収集した情報数・データ数と内訳
(平成17年3月現在)

出典数	26件	
データ数	696点	
オゾン濃度	$[O_3] \leq 0.01 \text{ ppm}$	1
	$0.01 \text{ ppm} < [O_3] \leq 0.1 \text{ ppm}$	59
	$0.1 \text{ ppm} < [O_3] \leq 1 \text{ ppm}$	197
	$1 \text{ ppm} < [O_3]$	390
	不明 (CT 値として記載)	49
対象菌種	細菌 (芽胞菌除く)	242
	芽胞菌	260
	真菌 (<i>Candida</i> 属除く)	58
	<i>Candida</i> 属	6
	ウイルス	6
	未確認	124
温度	Temp $\leq 5^\circ\text{C}$	60
	$10^\circ\text{C} \leq \text{Temp} \leq 30^\circ\text{C}$	186
	$40^\circ\text{C} \leq \text{Temp} \leq 60^\circ\text{C}$	13
	記載無し	437
湿度	RH $< 60\%$	46
	$60\% \leq \text{RH} < 90\%$	104
	$90\% \leq \text{RH}$ (含 くん蒸)	194
	記載無し	352

表2 濃度 0.1ppm 以下のオゾンガスによる殺菌効果の検討事例

試験系	オゾン処理条件	処理対象	効果	文献
塩ビ容器 (4.9L) 温度 $5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 相対湿度 $92.5 \pm 2.5\%$	0.05ppm, 1L/min 7日間通気	野菜、果物表面 の一般細菌	一般細菌数が減少	6)
冷凍庫 温度 5°C 相対湿度 80%	0.05ppm で暴露	<i>E.coli</i>	24h で 1/100~1/1000	7)
		<i>S.choleraesuis</i>		
		<i>Y.parahaemolyticus</i>		
		<i>S.aureus</i>	24 毎に 1/10	
		<i>B.subtilis</i> (栄養型)	効果あり	
		<i>C.albicans</i>		
区分けした鶏舎 ブロイラー200羽	常時 0.1ppm	鶏舎内の落下細菌	3~4 週齢で Blank と有意の差 5 週齢では有意差なし	8)
豚舎	舎内が 0.1ppm 以下 となるよう送気	落下大腸菌	24h 以降顕著に減少	10)
温度 20°C 相対湿度 90%	0.05ppm, 3日間	寒天培地上 <i>S.aureus</i>	殺菌率 9.3%	11)
	0.1ppm, 3日間		殺菌率 99.9%	
	0.05ppm, 2日間	寒天培地上 <i>E.coli</i>	殺菌率 14.4%	
水産練製品加工工場	工場内が 0.02~0.08ppm となるよう送気	空中浮遊菌 <i>Micrococcus</i> <i>Bacillus</i> <i>Corynebacterium</i> 等	各工程、特に冷却室、包装 室において浮遊菌数減少 <i>Micrococcus</i> が著しく減少	12)

真菌とウイルスについてはデータ数が少なく比較が難しいが、真菌の中では主に *Candida* 属について小さな濃度時間積で大きな殺菌効果が得られている。芽胞菌と他の細菌を比較すると、他の細菌について小さな濃度時間積で大きな殺菌効果が得られている。

全てのプロットは図中の破曲線より右側に分布していることから、最も効果的な条件下でオゾン暴露を行った場合でも、破曲線近傍に殺菌可能な限界があると推察される。

図中で①~⑨の番号を添えた破曲線近傍のデータのうち、①はブロイラー室内を常時オゾン濃度 0.1 ppm に保ち空中浮遊菌数の変化を測定した結果である¹⁶⁾。②は布団乾燥機より温度 22~51℃、濃度 0.14 ppm 以下の

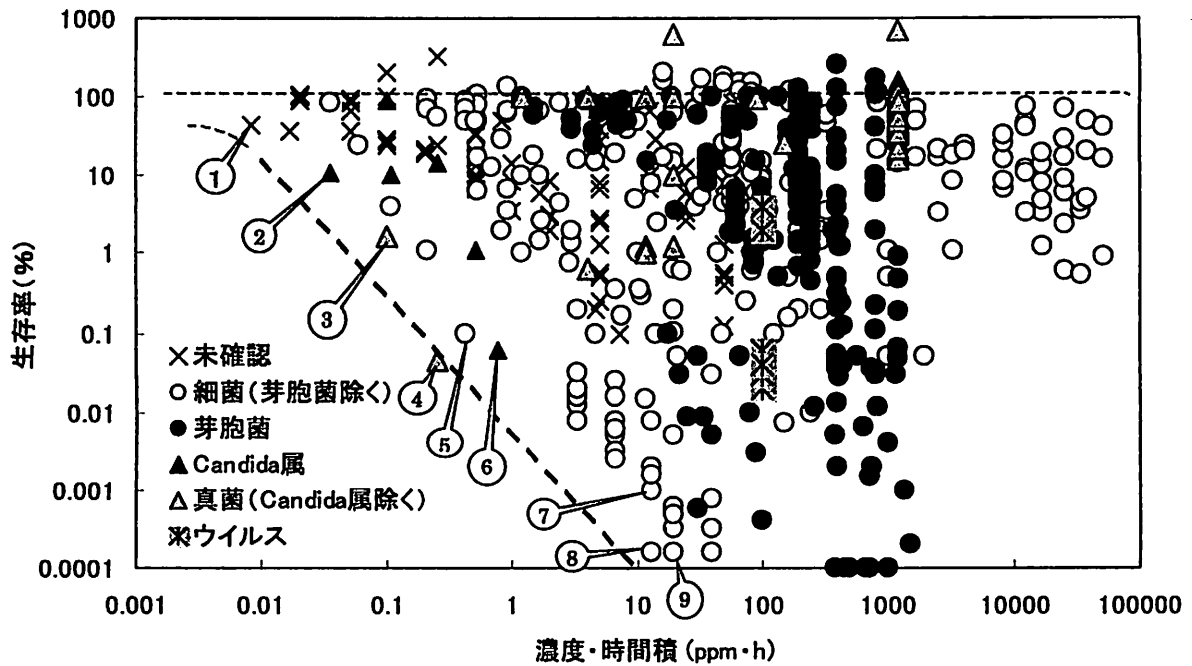


図1 オゾン殺菌における濃度時間積と生存率の関係 (菌種による分類)

オゾンガスを送気し、布団表面の *Candida albicans* の菌数の変化を測定した結果である²³⁾。③、④はそれぞれオゾン濃度 0.2 ppm、0.5 ppm により、チョコレートケーキ上の酵母 *Hansenula anomala* を温度 5℃ で処理した結果である²²⁾。⑤はろ紙上の腸炎ビブリオ菌をオゾン濃度 0.83 ppm で処理した結果である³⁾。⑥はチョコレートケーキ上の *Candida cacaoi* を温度 5℃、オゾン濃度 1.5 ppm で処理した結果である²²⁾。⑦、⑧、⑨はそれぞれ *Salmonella enteritidis*、*Salmonella typhi*、*Bord. bronchiseptic* について、相対湿度 65%、オゾン濃度 40 ppm で処理した結果である⁴⁾。

破曲線近傍においても芽胞菌を除く細菌や酵母(真菌)、*Candida* 属(真菌)など種々の菌種に関するプロット、種々のオゾン濃度によるプロットが分布している。

3.4 データ集積結果より推察される 0.1 ppm オゾン殺菌の有効性

濃度時間積とオゾン処理後の生存率との関係について、プロットの形状をオゾン濃度より分類したものを

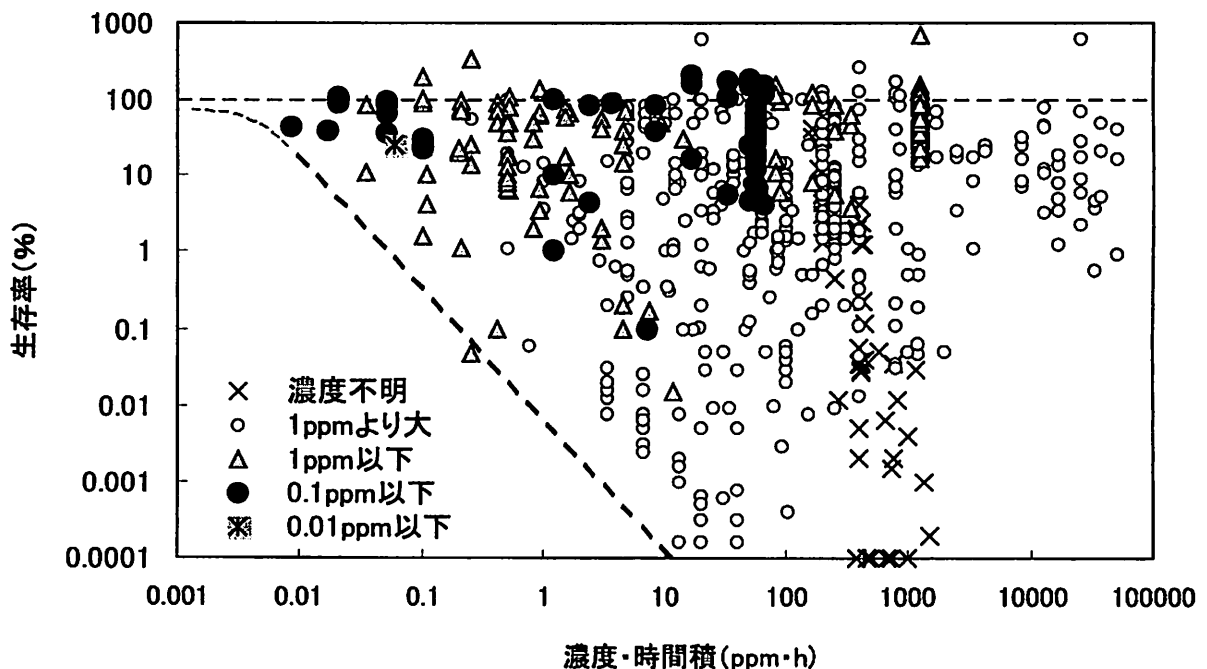


図2 オゾン殺菌における濃度時間積と生存率の関係 (オゾン濃度による分類)

図2に示す。

もし殺菌効果が濃度時間積に依存しオゾン濃度にはよらないと仮定した場合、データ数が無限であれば、オゾン濃度のどの値においてもプロットの分布範囲は一致するはずである。図中、濃度1 ppm以下、および1 ppmより大におけるプロットは同様に広く分布しており、その下限は破曲線近傍にある。0.1 ppm以下については下限が破曲線には届かないながらも有意の散らばりを示している。

データ数が十分でなく、この図面のみで濃度0.1 ppmのオゾンの有効性を結論付けることは不可能であるが、十分な暴露時間により低濃度オゾンでも殺菌効果が得られると期待できる。

4 まとめと今後の課題

平成17年3月までに集めることのできたデータ696点について、計測方法、データの信頼性の違い、温湿度など諸条件の違いをあえて問わずに、濃度時間積と生存率の関係で一つの図面に並べた。

その結果、オゾンガスによる殺菌効果の限界と考えられる境界線が現れた。0.1 ppm以下の低濃度オゾン殺菌においても、破曲線よりやや上の範囲でデータが散在していることから、低濃度オゾンによっても、微生物の生存率を減らす効果を得られる期待度が高まった。

今回の調査で、微生物に対する濃度0.1 ppm以下の低濃度オゾンの効果について、その有効性を示唆する研究報告や文献を見ることができた。しかし、殆どの事例は、低温高湿の特殊な環境であったり、複合的要因を含みやすい現場での実地試験におけるものであり、諸条件を調整しながらの系統的な検討事例についてはオゾン濃度0.1 ppm以下に関する限り検索されていない。

低濃度オゾンの有効性を科学的に立証するには、風量、温度、湿度、微生物の生育状況などを統一した環境下において、信頼できるオゾン濃度計測方法と殺菌効果の評価方法により、系統だった試験データを積み上げなければならない。

このことが、居住空間におけるオゾン利用技術を推進する上での今後の課題である。

謝辞

本調査研究は、居住空間におけるオゾン安全利用基準制定委員会(OSGA)の活動の一環として行われたものである。関係諸機関ならびに資料をご提供いただいた諸先生方に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 伊藤泰郎「オゾンの不思議」講談社 p.89-93.
- 2) 長島康明：醸協 86 (7)、466-471 (1999).
- 3) 大田利行「オゾン利用浄化技術の実際」サンユー書房 (1999) p.159-197.
- 4) 長島康明：クリーンテクノロジー 2、63-67 (1995).
- 5) A.W.Berrington, S.J.Pedler “Journal of Hospital infection” 40, 61-65 (1998).
- 6) 池田彰、河相好孝、江崎謙治、中山繁樹：植物工場学会誌、10 (4)、237-242 (1998).
- 7) 勝井則昭、稲谷正敏、喜多英二：日本防菌防黴学会年次大会要旨集 27、35 (2000).
- 8) 長嶋克典、池谷守司：静岡県中小家畜試験場研究報告 5、63-66 (1992).
- 9) 中村診療所 <http://www23.tok2.com/home/kouso/air-pure/kinsuu.html>. (10. 1. 2003)
- 10) 神奈川県畜産研究所 <http://www.affrc.go.jp/ja/db/seika/data/kan-tou/h11/narc99K.243.html>. (10.1. 2003)
- 11) 谷村泰宏「オゾン利用浄化技術の実際」サンユー書房 (1999) p.199-214.
- 12) 内藤茂三：日本医療環境オゾン研究会会報、6 (4)、11-13 (1999).
- 13) 内藤茂三：日本医療環境オゾン研究会会報、7 (2)、5-8 (2000).
- 14) 横関正直：畜産の研究、55 (2)、270-273 (2001).
- 15) 笠原浩,他：空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、1081-1084 (1995).
- 16) 杉光英俊「オゾンの基礎と応用」光琳 (1998) p.202.
- 17) 川手修一「オゾン利用浄化技術の実際」サンユー書房 (1999) p.232.
- 18) 小阪教由、門脇文俊、奥田真一：東急車輛技報、48、53-58 (1998).
- 19) (株)高岳研究所「長野県食品テクノプラザ資料」(1991).
- 20) 奥田「UVランプとオゾンの殺菌効果の比較試験」(2002) internet.
- 21) 内藤茂三：食品工業、30、28-47 (1987).

- 22) 内藤茂三：食品と開発、22 (9)、36-44 (1987).
 23) 杉光英俊他：日本医療環境オゾン研究会会報、6 (4)、1-6 (1999).
 24) 内藤茂三：日本医療環境オゾン研究会会報、7 (1)、10-12 (2000).
 25) 内藤茂三：月刊HACCP、60-68 (1997).
 26) 内藤茂三：月刊HACCP、53-59 (1997).
 27) Japan collection of microorganisms The institute of physical and chemical research " Catalogue of strains seventh edition" (1999).
 28) James E.Bailey, David F.Ollis "Biochemical Engineering Fundamentals second edition" McGraw-Hill International Editions (1986).

研究報告

痔核根治術後の疼痛に対するオゾン療法の評価

後藤外科胃腸科肛門科医院 後藤 博

要旨：オゾンの持つ消炎鎮痛作用に着目し、痔核根治術後の創部に使用し、その有用性について検討した。症例はオゾン処置を行った87例 (H.16年度、オゾン法) とコントロールとしてDiclofenac Sodium (ボルタレン)などの鎮痛剤の投与が主体の92例であった (H.15年度、従来法)。痔核術後疼痛に対して、オゾン法は従来法に比し、安静時、排便時共に有意に高い鎮痛効果を示し、かつ、その効果は即効的であった。副作用は認められなかった。

キーワード：オゾン、消炎鎮痛、術後疼痛、痔核手術

1. はじめに

一般に手術後の痛みは辛いものである。手術後の痛みを和らげる方法として、硬膜外鎮痛法が一般外科領域で汎用されている。しかしこの方法は専門医による高度な技術が必要であり、またさらに、肛門疾患の術後においては強い疼痛にもかかわらず、この硬膜外鎮痛法の評価はいまだ定まっているとは言いがたいものがある¹⁾。多くの施設では、Pentazocine (ペンタゾシン) などの注射薬やDiclofenac Sodium (ボルタレン) などの経口的または経肛門的な鎮痛剤の投与が主体となっている。尾形²⁾ は、微量オゾン化酸素の効果として第1番目に『炎症を鎮め、痛みを即効的に緩解する』ことをあげている。著者は、このオゾンの持つ消炎鎮痛作用に着目して、これを痔核根治術後 (結紮切除半閉鎖法) の創部に使用し、その有用性について検討したので報告する。特記すべき副作用は経験していない。

2. 対象および方法

対象および症例を表1に示した。ここで、従来法とは、手術後の痛みに対して、冷罨法と鎮痛剤の使用が中心になる。オゾン法とは、この従来法に加えて後に述べる方法でオゾンを使用したものである。使用したオゾンの概要を表2に示す。このオゾンガスおよびオゾン水を用いて、2004年5月より2005年2月まで、痔核根治術を行った症例87例に対して、従来の冷罨法、鎮痛剤の投与 (表3)に加えて表4のような創処置を行った。

痛みの強さを推定するのに、術後1週間の鎮痛剤錠数を調べ、さらに、術後当日翌朝までの睡眠状態の聞き取り調査を行った。また、疼痛度 (後述)をもちいて手術当日の痛み、術後第7日目までの安静時痛および排便時痛を調査した。さらに痛みを感じたときにはただちにオゾン処置を行い、その効果を合わせて調査した (表5)。

表1 方法と症例

方法	期間	症例数	年齢	男子 (M)	女子 (F)	M/F
従来法	2003, 1~	92	56.6 ± 17.3	46	46	1.0
	2003, 12		(21~90)			
オゾン法	2004. 5~	87	52.8 ± 19.7	46	47	0.9
	2005, 2		(16~83)			