

【研究報告】

高濃度オゾンガスによる病院寝具類向け消毒装置の開発

中村八寿雄,早矢仕文男,黒松久,釜瀬幸広

日本医療・環境オゾン研究会会報, Vol.15, No.4, 88-92. (2008)

研究報告

高濃度オゾンガスによる病院 寝具類向け消毒装置の開発

株式会社IHIシバウラ 中村 八寿雄、早矢仕 文男、黒松 久、釜瀬 幸広

要旨 病院寝具類の委託クリーニング工場において薬剤消毒を行う工程では、ホルムアルデヒドガスやエチレンオキサイド (EO) ガスが用いられている。これらのガスは、強い発がん性、残留性を有するため、その代替消毒法が望まれている。本研究では、オゾンガスの病院寝具類への適用の可能性を検討した。オゾンによる消毒試験を実施し、病院寝具に関連する細菌に対して高い消毒効果を有することを確認した。また、内部へのガス浸透性、対象物への影響度合いについて検討し、適用可能な条件が見出された。これらの結果より、オゾンガスが病院寝具類の消毒へ適用できる可能性が高いことを確認するとともに、本検討結果に基づいた病院寝具類用消毒システムの開発も実施した。

キーワード：オゾン、消毒、リネン

1. はじめに

現在、患者などが使用した寝具類の洗濯業務は、医療機関の委託率が高くなっており、医療機関以外の病院寝具類専門のクリーニング施設にて実施されている。ここで、病院寝具類とは、一般的に、敷き布団又はベットパット、掛け布団、肌掛け布団又は毛布、枕、シーツ、包布、枕カバー、ドローシーツ又は、防水シーツ、寝間着、手術衣などを指す。これらの病院寝具類に対する洗濯業務は、医療機関から当該処理物を回収し、消毒、洗濯、乾燥したうえで医療機関に納品する一連の作業となる。当該洗濯業務において、クリーニング業者が行う消毒は、病毒感染の危険のあるものと、それ以外の病院寝具類とで区別されている。病毒感染の危険のある寝具類の消毒は、蒸気、熱湯、塩素剤、消毒ガス（ホルムアルデヒド、エチレンオキサイド）などによる方法が規定されている。消毒方法の基本は、温水 80℃に 10 分間の浸水処理となるが、温水での処理を行うと、中綿等は固結して機能低下を起こすことがある。これに対して消毒ガスによる方法は、耐熱性のない寝具類の処理が可能であることから、材料への劣化の恐れが少ないといった利点がある。そのため、これらの材料から構成される布団、毛布、ベットパッド等のリネン類への消毒は、常温にてホルムアルデヒドやエチレンオキサイドにより行われている。しかしながら、これらの消毒ガスを使用する場合、処理後の残留ガス無害化処理や作業管理責任者の設置などの必要性や、発がん性等の課題があり、より安全性の高い消毒法への期待が高まっている。また、これらの消毒ガスは、高い残留性を有することから消毒処理後の中和処理、長時間のエアレーションが必要となり消毒庫内部からリネンを安全に搬出するには、12時間以上の処理時間が必要になる場合がある。同時にこれらの薬剤費は高額であり、低コストへの要望も高い。

オゾンはフッ素に次ぐ高い酸化能力をもつとともに環境に優しい特性から多くの分野で適用^{1), 2)}が広がっている。種々の細菌に対する消毒・不活化機構^{3)~5)}が検討され、水中での消毒やウイルスに対する効果が広く認められている。本研究では、上述の病院寝具類への新たな消毒方法として、オゾン適用性を検討するため、基本となるオゾン消毒効果とともに、実際の処理対象物へのオゾンガス浸透性や処理対象物への影響に関する検討を行った結果およびその検討結果に基づいて開発したリネンを対象としたオゾンによる病院寝具類用消毒システムについて報告する。

2. 実験方法

2. 1 オゾンの消毒効果

本試験において使用した供試菌は、院内感染の代表的な原因菌である黄色ブドウ球菌 (*Staphylococcus aureus*)、緑膿菌 (*Pseudomonas aeruginosa*) を始め、大腸菌 (*Escherichia coli*) や真菌、結核菌などである。供試菌は、基本的な消毒効果を確認する方法として、寒天培地上に菌液を滴下し、試験に用いた。これ以外に、病院寝具類に実際の菌が付着した状況を模擬したものとして、ミリポアフィルタ上に菌液を滴下し、バイオリジカルインジケータを作成した。これらの作成した供試菌対象物をオゾン処理試験装置内に配置し、オゾン処理を行った。寒天培地の場合はそのままの状態とし、バイオリジカルインジケータでは寒天

培地上に設置し、培養を行い生残菌数を計測して消毒効果の確認を行った。

装置内のオゾンガス濃度は、紫外線式オゾンガス濃度計を用いて測定を行った。オンライン式オゾンガス濃度計であり、処理庫内のオゾンガス濃度を処理開始から終了までの経時変化を測定した。運転開始から終了までのオゾンガス濃度の経時変化から、全体のオゾンガス CT 値（オゾンガス濃度×処理時間）を求め、評価指標として用いた。ここで、CT 値（オゾン暴露量）とは、経時的消毒ガス濃度（Concentration）と時間（time）との積で表される数値のことで、消毒効果は、この CT 値に依存^{6),7)} と言われている。

2. 2 オゾンガスの浸透性に関する検討

オゾンガスを用いて、リネン材への消毒を行う場合、これらの処理対象物は消毒庫内に複数積み重ねて処理する場合が多いことが想定される。このような場合には、積層された内部のオゾン CT 値（トータルのオゾン暴露量）は、表面部に比べ低くなると考えられる。そこで、リネン工場において実際に消毒する対象物について、オゾンガスの浸透性について確認を行った。処理対象物として、布団を用いて、オゾンガス処理装置でオゾンガス処理を実施した。

試験は、まずオゾンガス処理装置内に、処理対象物として布団（材質：ポリエステル／綿、厚み：約 50 mm）を図 1 に示すとおり、四つ折にして設置する。次に、三ヶ所（①布団外部、②布団内部（四層目）、③布団内部（中心八層目））にオゾンガス測定用のサンプリングチューブを導入し、測定位置を決定する。オゾンガス処理は、オゾンガス処理装置内を所定圧力まで減圧した後、オゾンガスを導入し、各部位でのオゾンガス濃度の変化を測定した。なおオゾンガス濃度のサンプリング間隔は 3 秒毎とした。

2. 3 処理対象物への影響に関する検討

オゾンは強力な酸化力を持つ酸化剤であり、処理に伴い処理対象物への影響が発生する可能性がある。そこで、病院寝具類として代表的なリネン材に対するオゾン処理の影響に関してオゾン暴露試験を行い、影響度合を確認した。トータルオゾン暴露量は、敷布などの平物は、累積 2,250,000 ppm・min、掛け布団などの厚物は、4,500,000 ppm・min までオゾン処理を行った。

3. 実験結果ならびに考察

3. 1 消毒効果に対するオゾンガス CT 値の影響

感染における対象菌として想定される複数の一般細菌に対して、オゾンガスによる消毒試験を実施した。その結果、ほとんどの菌に対して高い消毒効果を有することが判明した。その結果を上述の CT 値（オゾン暴露量：ppm・min）に換算して得られた結果を表 1 および表 2 に示す。処理条件として、通常の消毒試験で最も使用される寒天培地への菌付着による試験方法と、リネン材を想定してフィルター上に菌を付着させ

表 1 オゾン消毒試験結果

菌種	10 ⁶ 個消毒に必要な CT 値平均値 (ppm・min)
<i>Staphylococcus aureus</i> (黄色ブドウ球菌)	3,173
<i>Streptococcus faecalis</i> (糞便レンサ菌)	1,610
<i>Escherichia coli</i> (大腸菌)	1,109
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (緑膿菌)	4,160
<i>Aspergillus niger</i> (黒かび)	5,598
<i>Mycobacterium tuberculosis</i> (結核菌)	5,521

処理条件：寒天培地上に菌液を滴下した。

た方法について試験を実施した。菌の付着状況の異なる条件でオゾン処理を行ったが、本試験条件においては、両者に顕著な差は認められなかった。今回の試験結果から、黒かび、結核菌において約 5,600 ppm・min となっていることから、リネン材へのこれらに対する消毒効果を得るために必要な CT 値は、いずれも 6,000 ppm・min 以上であることが推定される。

表 2 オゾン消毒試験結果

菌 種	10 ⁶ 個消毒に必要な CT 値平均値 (ppm・min)
<i>Staphylococcus aureus</i> (黄色ブドウ球菌)	3,111
<i>Escherichia coli</i> (大腸菌)	3,286
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (緑膿菌)	3,131

処理条件：メンブレンフィルター上に菌液を滴下した。

3. 2 オゾンガス浸透性

図 2 に、オゾンガスを暴露した場合の、布団の各場所におけるオゾンガス濃度の経時変化の一例を示す。中心部に近づくに従い、オゾンガス濃度は低下しているが、各場所とも時間の経過に伴い、オゾンガス濃度は上昇している。今回使用した供試品の布団では、外部に対して中心部においても約70%のオゾンガス浸透性が得られることが判明した。

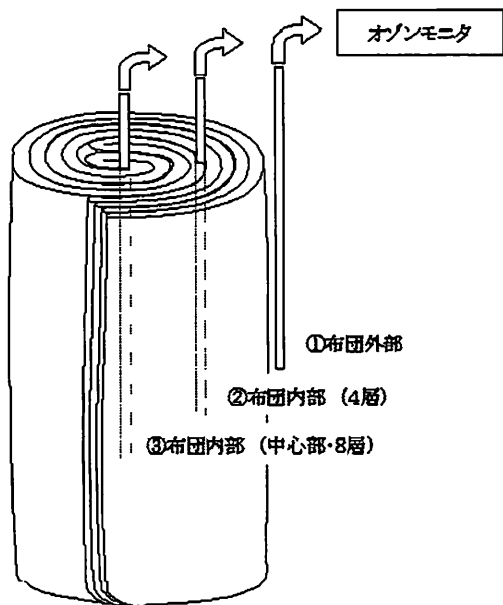


図 1 処理対象物の設置方法とオゾン濃度モニタ位置

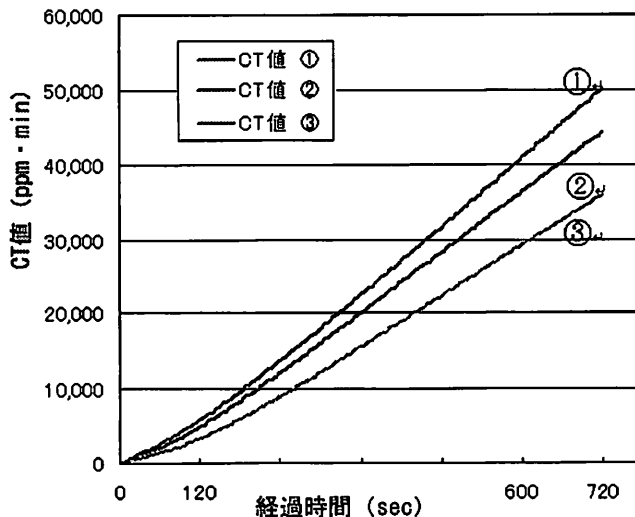


図 2 オゾン浸透の経過時間と C T 値の関係

3. 3 処理対象物への影響

病院寝具類への処理の影響の一例を表 3 に示す。その結果、CT = 450,000 ppm・min で一部の対象物にわずかな黄変、脱色が確認された。ただし、手触り、風合い、強度については、平物で CT 値は 2,250,000 ppm・min、掛け布団などの厚物では CT 値 4,500,000 ppm・min 処理でも、オゾン処理による影響は認められなかった。今回のオゾン処理においては、脱色などの影響が散見されたが、これらの影響は、通常の繰り返しによる患者使用とクリーニング処理においても、認められることである。以上の検討結果から、オゾン処理後も病院寝具類が十分使用に耐えることが明らかとなった。

表3 オゾン処理による病院寝具類への影響

対象物	色・柄	仕様	結果
敷布(普)	白	ポリエステル/コットン (30/70)	色: 450,000ppm・minで黄変 手触り、風合、強度: 変化なし
敷布(普)	サックス	ポリエステル/コットン (30/70) スレン染め	色: 450,000ppm・minから脱色 手触り、風合、強度: 変化なし
静菌加工肌布団	ベージュ	側: ポリエステル/コットン (65/35) 抗菌綿	色: 変化なし 手触り、風合、強度: 変化なし
羽毛柄本掛布団	ピンク/ブルー リバーシブル	側: ポリエステル/綿 (80/20) ダウン/フェザー (70/30)	色: 450,000ppm・minから脱色 手触り、風合、強度: 変化なし
タオルケット	ブルー	綿95%、ポリエステル5% ヒバ抗菌、マイヤー織り	色: 450,000ppm・minから脱色 手触り、風合、強度: 変化なし
毛布	ベージュ	アクリル100% 防炎加工、静電防止加工	色: 450,000ppm・minから脱色 手触り、風合、強度: 変化なし
ダブルシーツ	白	綿100%	色: 450,000ppm・minで黄変 手触り、風合、強度: 変化なし

3.4 オゾンリネン消毒システムの概要

図3に病院寝具類の消毒を目的に開発したオゾンリネン消毒システムの外観を示す。この装置は、庫内に消毒処理対象物となるリネン材を設置し、高濃度オゾンガスを庫内に放出して消毒を行うものである。

まず、消毒庫内に設置された処理対象物内部までオゾンガスの浸透性を高めるために庫内を真空状態とし、その後オゾンガスを注入する。この動作により、リネン材の内部までオゾンガスが浸透して消毒がなされ、設定時間経過後に残存したオゾンガスはオゾン分解装置を経て酸素に分解され、庫外に排出されて、運転が終了する。これらの一連の動作は、自動制御によって行うとともに、消毒庫の内外オゾン濃度を計測し、消毒効果の確認および作業従事者の安全確保を行うことができる。なお、本装置の特長は、上述の既存消毒方法と比較して、①短時間(4時間以内)に安全に処理ができる、②薬剤を使用しないため、薬剤使用に必要なコストを大幅に削減できる、③残留性が無いため安全にリネンを取扱うことができる、などが挙げられる。今回開発したオゾンリネン消毒システムのシステムフローを図4に示す。

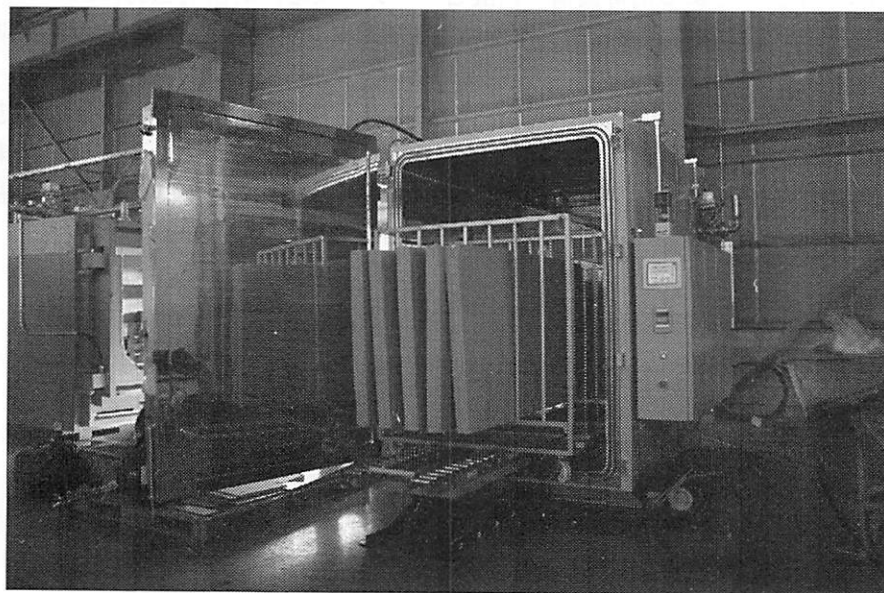


図3 オゾンリネン消毒システム

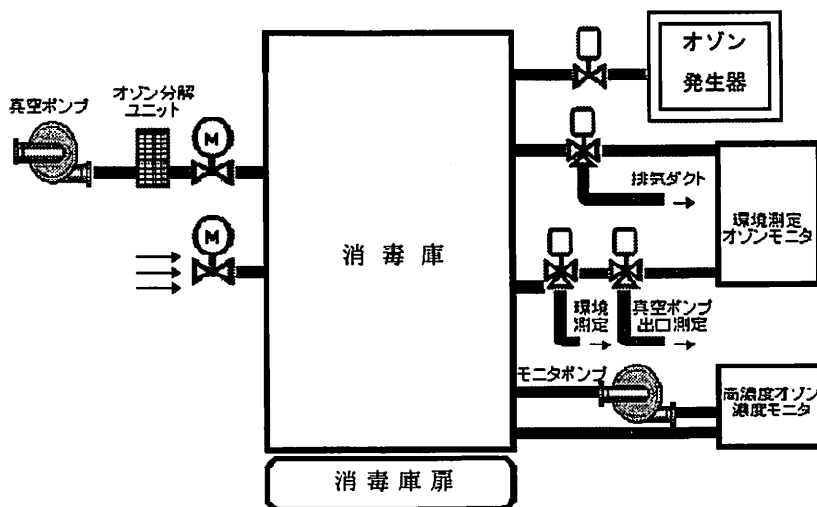


図4 オゾンリネン消毒システムの概略システムフロー図

4. おわりに

病院寝具類へのオゾン消毒に関する検討を行った結果、オゾンが当該リネンに関連する細菌類に対して消毒効果を有すること、同時に処理対象物内部へのオゾンの浸透性および影響が実用に耐えることが判明した。今回開発したオゾンリネン消毒システムは、実際のリネンに対して高い消毒効果を有するとともに残留性が低いことから、リネン業界から、有効性、安全性、経済性を備えた新しい消毒庫として期待されている。また、オゾンガスによる消毒方法は、薬品のように保管する必要がなく、法規制も不要などの多くの長所をもつため、今後さらに多くの分野で適用が広がるものと思われる。

5. 引用文献

- 1) 杉光英俊 (1996) オゾンの基礎と応用, pp.22-23, 光琳, 東京.
- 2) 釜瀬幸広, 三海幸子, 菊池正浩, 高木博司 (2003) オゾンによる消毒への応用, 日本医療・環境オゾン研究会会報, 10 (3), 4-7.
- 3) 神力就子 (1994) オゾンによる消毒機構 核酸とオゾンの反応, 防菌防黴誌, 22 (5), 57-62.
- 4) 神力就子 (1994) オゾンによる消毒機構 不飽和脂肪酸, タンパク質とオゾンの反応, 防菌防黴誌, 22 (6), 61-64.
- 5) 神力就子 (1994) オゾンによる消毒機構 ウィルスの不活化機構と消毒機構, 防菌防黴誌, 22 (7), 43-50.
- 6) 平田強 (1991) オゾンの消毒効果 第一回日本オゾン協会オゾンに関するセミナー, 東京, 35-40.
- 7) 山本克治, 水野智夫 (1996) オゾン法, 日本薬局方に準拠した滅菌法及び微生物殺滅法, 佐々木次雄, 中村晃忠, 三瀬勝利, pp.279-287, 日本規格協会, 東京.

会告

第14回研究講演会の予告

日時 : 2009年4月19日(日)

会場 : 日本薬学会館長井記念ホール 東京都渋谷区渋谷 2-12-15

講演内容 : 第19回 IOA 国際オゾン研究発表会のメディカルセッションに申し込まれた演題で構成します。