

研究紹介

医療衛生分野におけるオゾン水手洗い機の有効性

住友精密工業株式会社 産業環境システム技術部 松本みどり

キーワード：手洗い機・殺菌力・毒性

1. はじめに

近年、病院内でのMRSA（耐性黄色ブドウ球菌）感染が社会的な問題となり、感染対策委員会を設置するなど各病院においてその問題解決に積極的な取り組みが行われており、医療従事者の手洗いの励行が解決策として注目されている。また、こうした動きを促進するために行政面での助成制度が設けられ、今後の医療現場でのより積極的な取り組みが期待される。そこで小型かつ高性能のオゾン発生器を用い、オゾンガスを効率よく水に溶解させる独自の技術をもって、MRSAをはじめ、医療衛生分野で特に問題となっている細菌やウイルスの殺菌及び不活化に有効で、かつ人体に安全な濃度のオゾン水を連続的に供給するオゾン水手洗い機「オゾンタイム」を製品化した。

2. オゾン水による手洗いの有効性

オゾン水手洗い機から供給される1mg/l および4mg/l オゾン水を供試菌体およびウイルスに接触させ、殺菌および不活化効力を確認した。供試菌体としては、日常遭遇する機会が多く、院内感染対策にあたって重要と考えられる代表的な微生物の4種類を選定した。in vitroでの殺菌効果は表1から表4に示したように、4mg/l オゾン水を作用させた場合はすべて10秒で殺菌されたが、対照の蒸留水では30秒間作用させても 10^3 CFU/ml以上の菌が生残し、4mg/l オゾン水の殺菌効果が確認された。1mg/l オゾン水でも、4mg/l オゾン水より弱いながらも明らかな殺菌効果が確認された。

ウイルスに対するin vitroでの不活化効果については、ウイルス感染価(TCID₅₀)で表5に示した。ウイルス感染価(TCID₅₀)とは、50%組織培養感染量のことであり、段階的に希釈したウイルスをそれぞれ何本かの試験管に培養し、この試験管の50%の細胞に細胞変性効果(細胞にウイルスが感染し、その細胞を変性させる)を起こすウイルス量をいう。ウイルスの不活化は 10^3 TCID₅₀以上の減少が認められた場合に有効であると判断されている。アデノウイルス以外のウイルスは全て4mg/l オゾン水、作用時間20秒で 10^3 TCID₅₀以上の減少が認められ、不活化効果が確認された。アデノウイルスは、用いたウイルス力価が $10^{3.5}$ TCID₅₀と低かったため、水道水対照との差が「 $10^{1.0}$ TCID₅₀」以上までしか確認できなかった。試験に用いるウイルス力価が高ければ、他のウイルスと同等の高い不活化効果が確認されると推測される。

スクリーニング試験によって実際、手指に付着した菌がオゾン水手洗い機の手洗いによってどの程度除去されるのかを確認した。院内感染で特に問題となっているMRSAに最も近い*Staphylococcus aureus*を供試菌に選定した。供試菌の培養液(約 10^8 CFU/ml)を強制的に手に塗布し(約 10^7 CFU/ml)、一連の手

表1 *Escherichia coli* に対する殺菌効果(CFU/ml)

試験液	作用時間		
	10秒	20秒	30秒
オゾン水 4 mg/l	0	0	0
オゾン水 1 mg/l	2	3	0
蒸留水	-	3.0×10^5	-

表2 *Pseudomonas aeruginosa* に対する殺菌効果(CFU/ml)

試験液	作用時間		
	10秒	20秒	30秒
オゾン水 4 mg/l	0	0	0
オゾン水 1 mg/l	0	0	0
蒸留水	-	3.4×10^4	-

表3 *Staphylococcus aureus* に対する殺菌効果(CFU/ml)

試験液	作用時間		
	10秒	20秒	30秒
オゾン水 4 mg/l	0	0	0
オゾン水 1 mg/l	8.7×10^2	55	0
蒸留水	-	6.4×10^4	-

表4 *Staphylococcus epidermis* に対する殺菌効果(CFU/ml)

試験液	作用時間		
	10秒	20秒	30秒
オゾン水 4 mg/l	0	0	0
オゾン水 1 mg/l	3.2×10^1	2.6×10^1	0
蒸留水	-	3.4×10^4	-

洗いを行い、その後の付着菌数を測定した結果、オゾン水による除去率は98%で消毒用エタノール、ウェルバス、MK212と同等、もしくはそれ以上であった。また、オゾン水および水道水で手洗いした後の各排水中の菌数を測定し、二次汚染の可能性についても確認した。排水中の菌数は水道水では 10^4 CFU/ml、オゾン水では 10^1 CFU/mlであり、排水においても明らかなオゾンの殺菌効果が確認された。このようにオゾン水手洗い機で手を洗った場合は、二次汚染も防止できることが明らかになった。

表5 オゾン水の各種ウイルスに対する不活化効果 (TCID₅₀)

試験液	単独ヘルペスウイルス		コクサッキー-B5型ウイルス		エコー7型ウイルス		インフルエンザウイルス		アデノウイルス	
	20秒	30秒	20秒	30秒	20秒	30秒	20秒	30秒	20秒	30秒
オゾン水 4 mg/l	$10^{<2.5}$	$10^{<2.5}$	$10^{3.2}$	$10^{<2.5}$	$10^{3.2}$	$10^{<2.5}$	$10^{<2.5}$	$10^{<2.5}$	$10^{<2.5}$	$10^{<2.5}$
オゾン水 1 mg/l	$10^{4.8}$	$10^{4.5}$	$10^{6.2}$	$10^{5.5}$	$10^{5.5}$	$10^{5.5}$	$10^{5.5}$	$10^{5.5}$	$10^{<2.5}$	$10^{<2.5}$
水道水	$10^{5.8}$	$10^{5.8}$	$10^{7.5}$	$10^{7.5}$	$10^{7.2}$	$10^{7.5}$	$10^{7.2}$	$10^{6.5}$	$10^{3.5}$	$10^{3.5}$
細菌水	$10^{5.8}$	$10^{5.8}$	$10^{7.5}$	$10^{7.5}$	$10^{7.5}$	$10^{7.5}$	$10^{7.5}$	$10^{7.5}$	$10^{3.5}$	$10^{3.5}$

$10^{<2.5}$ は検出限界以下を示す。

3. オゾン水手洗い機から供給されるオゾン水の安全性

オゾン水に対する安全性試験については未だ基準がないので、医療用具および医療材料の毒性ガイドラインにおける表面接触用具の分類に沿った試験を適用し、オゾン水手洗い機から供給されるオゾン水の安全性について確認した。そのガイドラインには用具の接触する部位や接触の程度、あるいは頻度、接触期間、接触状態によって分類したカテゴリーごとに必要な試験項目が定められている。その中から細胞毒性試験、皮膚感作性試験、眼粘膜刺激試験、及び皮膚蓄積刺激試験を行った。

細胞毒性試験は、人または動物由来の細胞に対する毒性を確認するために行った。細胞にはL929 (マウス線維芽細胞) を用い、組織培養用シャーレに細胞100個/シャーレとなるように細胞を播種し、このシャーレに4mg/l オゾン水と培養液を接種し、接種72時間後の培養液をメタノールで固定、のちギムザ染色を行い、染色された細胞数を算定した。その結果、100個の細胞は全て染色されていたので、4mg/l オゾン水では細胞毒性は無いと判定した。

皮膚感作性試験では、物質が繰り返し人に暴露された場合に引き起こされる免疫反応が関与する障害、アレルギーを起こす可能性の有無について調べた。4mg/l オゾン水をモルモットの皮内に注射し、その1週間後に同様の被験物質を塗布し、更に2週間後に被験物質による誘発操作を行い、誘発部位のアレルギー反応を調べた。その結果、全例で紅斑及び浮腫は認められず、感作性は無いと判定した。

眼粘膜刺激試験では、オゾン水が眼に入った場合の刺激性の有無について確認した。4mg/l オゾン水をラットの眼に点眼したところ、点眼時の刺激は無く、結膜、虹彩、角膜の何れにも損傷はなく、眼粘膜一次刺激性は無いと判定した。

皮膚蓄積刺激試験は、連続的にオゾン水で手を洗った場合、累積的な作用が皮膚に働いて諸種の反応が発生しないかを予知するために行った。ウサギ (ニュージーランドホワイト) の背部に擦過及び非擦過皮膚をつくり、各部に4mg/l オゾン水を1日1回、0.8ml づつ14日間、塗布し続けた。その結果、試験期間中を通して一般行動、毛並みあるいは下痢などの変化は認められなかった。したがって、オゾン水手洗い機で連続的に手を洗った場合、刺激性等の障害は無いと判断された。

以上から皮膚等に対する毒性や刺激等はなく、オゾン水手洗い機から供給される4mg/l オゾン水が人体に悪影響を及ぼさないことが考えられる。

4. まとめ

今回の試験により、一般的な細菌に対しては1mg/l オゾン水でも十分な殺菌効果が得られた。ウイルスの不活化に関しては1mg/l と4mg/l オゾン水で効果に差が認められた。ウイルスの不活化も必要とする現場では4mg/l オゾン水手洗い機を、一般的な細菌の殺菌のみを必要とする現場では1mg/l オゾン水手洗い機を使用するなど、目的により機種を選定することが好ましい。

今後は、実際の医療衛生現場でのデータを集積し、オゾン水手洗い機の有効性と安全性をさらに確認する必要がある。なお本試験は財団法人北里環境科学センターの協力を得て実施したものである。

まつもと みどり オゾン歴7年、オゾンの用途開発に従事。「オゾンタイム」の製品化に約3年、はじめて手がけた製品で愛着もひとしおです。