

【研究報告】

直接電解方式オゾン水を用いた院内感染防止への取り組み

塩田剛太郎

日本医療・環境オゾン研究会会報, Vol.8, No.4, 9-12. (2001)

## 直接電解方式オゾン水を用いた院内感染防止への取り組み

(株) ブイエムシー 塩田 剛太郎

**要旨** 直接電解方式により生成されたオゾン水が各分野で利用されてきている。直接電解方式の特長は、水道水を直接に電気分解してオゾン水を生成するため気散するオゾンガスが少なく、また装置もコンパクトで扱いやすいことである。現在様々な方面で利用されているオゾン水に関する情報と、直接電解方式の特長をいかした、オゾン水による手洗いで得られた殺菌効果等について報告する。

**キーワード：**オゾン、院内感染、手洗い、MRSA

### 1. はじめに

オゾンはその酸化力の強さのため様々な分野において利用されている。ヨーロッパを中心に19世紀から医療、水道、食品など多方面において用いられている。日本においても上水道を始め食品・医療等においてその効果を発揮している。

オゾンは酸化分解後には酸素に戻るため残留性のない点や耐性菌をつくりにくいメリットがある一方、逆に高濃度のオゾンガスが気散すると気道経由で生体に影響を及ぼすというデメリットがある。

多くのオゾン水生成器は水中にオゾンガスを吹き込む方式であるため排オゾンが問題となる。この問題を克服するために開発されたのが直接電解方式オゾン水である。本研究においては、オゾン水の利用状況ならびに直接電解方式オゾン水の殺菌効果について報告する。

### 2. 直接電解方式によるオゾン水生成について

現在、様々な方法でオゾン水が製造されているが、オゾンの溶解方法によっては、気散するオゾンガスが高濃度となることがあるため、実験室レベルでは効果をあげても現場ではその特性を発揮できないことがあった。また、従来の方式はオゾンガスを製造する装置も併設するため大型で、高価なオゾン水生成器となるという欠点があった。我々はこのような欠点を改良し、直接電解方式オゾン水製造法を開発した(図1)。

直接電解方式は、水道水の電気分解により瞬時にオゾン水を高濃度かつ大流量を製造することを可能とし、従来法に比べて気散するオゾンガスも低濃度に抑制することが可能である。またオゾン発生装置や酸素ポンプや酸素発生器、水槽を必要としないため、非常にコンパクトな装置にすることができた。このことにより、今まで検討されてきた様々なオゾン水の利用(表1)がさらに効果的になされるものと期待される。

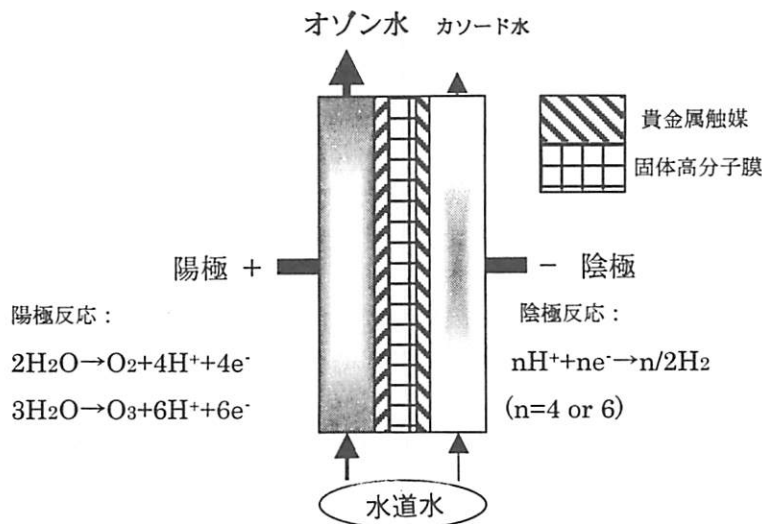


図1 オゾン水生成原理 —直接電解方式—

しかし、殺菌効果を目的としてオゾン水を利用する場合は、有機物等の共存下ではその効果が減弱する点に注意しなくてはならない。そのためには、オゾン水濃度と利用目的に応じた効果との関係を正確に把握することが重要である。

表1 主なオゾン水の利用分野

食品工場の衛生管理、食中毒防止
医療施設・老人保健施設等における感染予防
畜産・酪農・獣医分野における感染防止と悪臭防止
農業・漁業・畜産用途における感染防止・減薬剤
様々な臭気に対する悪臭防止
漂白・脱色効果を用いたプロセス・排水処理
有害物質分解による排水処理
パッケージの洗浄・殺菌
トイレの悪臭防止・尿石防止・詰まり防止

### 3. 最近のオゾン水の安全性、殺菌作用及び利用に関する情報について

最近、医療分野においてオゾン水に関する文献が多く見られるようになってきた。そのうちのいくつかを以下に紹介する。

赤堀ら<sup>1)</sup>は、オゾンの物理・化学的性質から始まりオゾン水の殺菌効果や作用機序、安全性そして耐性菌について分かりやすく総説している。

星ら<sup>2)</sup>は、オゾン水を用いた毒性試験の結果について述べている。ウサギに20mg/L オゾン水を飲水させた急性毒性試験と4 mg/Lオゾン水を用いた亜急性毒性試験の検討結果から、ウサギに組織学的、透過走査型電子顕微鏡的に変化を認めなかったと報告している。

オゾン水の消毒剤としての利用に関して中村ら<sup>3)</sup>は、NICU (Neonatal Intensive Care Unit: 新生児集中治療室) 勤務看護婦を対象に、オゾン水、グルコン酸クロルヘキシジン、ポピドンヨードの3種の手洗い法による手荒れについての比較検討を行った。角質層の障害レベルは、オゾン水が他の2剤と比べ有意に低く、NICUでの頻回手洗いにはスキンケアの面からもオゾン水手洗いが最適と報告している。また、松尾ら<sup>4)</sup>は、臨床現場での短時間手洗いについて報告した。従来、予備洗浄剤で30秒、その後にオゾン水で30秒要していた。現場ではこの洗浄時間は長すぎるとされている。そのため、朝の1回目のみ予備洗浄剤を用い、その後はオゾン水のみによる15秒間の手洗いを検討した。その結果、30分毎に1回のオゾン水洗浄の有効性を確認している。

花崎ら<sup>5)</sup>は、4 mg/Lオゾン水とポピドンヨード希釈液を用いて、白内障手術における術前消毒剤としての有用性と安全性を検討した。その結果、術後角膜上皮障害の程度はオゾン水の方が有意に低く、また術後矯正視力の対数値の平均値もオゾン水の方が有意に良好であることから、オゾン水は術前消毒剤として有用かつ安全と報告している。

オゾン水の歯科領域における利用もなされている。辻上ら<sup>6)</sup>は、オゾン水を歯周治療へ応用した際生じると考えられる障害すなわち歯周組織由来細胞に対する影響について報告した。オゾン水による細胞障害性は浮遊細胞で著明に認められたが、平面培養細胞に対しては軽微であったことから、オゾン水の歯周治療への可能性を示唆した報告をしている。

また、永吉ら<sup>7)</sup>は、口腔内細菌に対するオゾン水の殺菌効果について検討を行った。その結果、オゾン水は口腔内細菌の細胞壁の破壊によって低濃度かつ短時間のうちに優れた殺菌効果を発揮したと報告している。

これら文献からもわかるように各医療現場における多方面のオゾン水利用条件の最適化が検討されてきている。

### 4. オゾン水の殺菌効果

直接電解法で得られるオゾン水を用いて、院内感染が最近、報告されている細菌を中心に試験を行った。

#### 4.1. 装置および試料

- 1) 直接電解法装置 MCX2000オゾン水手洗い器：シルバー精工製
- 2) オゾン水濃度計：リアルタイムオゾン水モニター(東京科研)。このオゾン水濃度計は、ユースポイントでのオゾン濃度を瞬時かつ簡易に測定できるものである。
- 3) 試料：水中のオゾン濃度が約2mg/Lとなるように調製した水溶液

#### 4.2. 試験菌株（臨床分離株）

飛騨臨床検査センターにおいて採取した次の8種類の臨床分離株を用いた。

*Staphylococcus aureus* (黄色ブドウ球菌)、*Methicillin resistant staphylococcus aureus* (MRSA)、*Escherichia Coli* (大腸菌)、病原性大腸菌 O-157 (ベロ毒素産生株)、*Salmonella enteritidis* (サルモネラ菌)、*Serratia marcescens* (セラチア菌)、*Pseudomonas aeruginosa* (緑膿菌)、*Vibrio parahaemolyticus* (腸炎ビブリオ)

#### 4.3. 培地と培養方法

腸炎ビブリオ以外の細菌は標準寒天培地にて、腸炎ビブリオは、3%塩化ナトリウム添加標準寒天培地にて、いずれも35℃で2日間培養したものをを用いた。

#### 4.4. 菌液の調製

- 1) 腸炎ビブリオ：試験菌を3%塩化ナトリウム添加普通寒天培地で35℃、18～24時間培養後、菌体を3%塩化ナトリウム液に浮遊させ、菌数が約 $10^6 \sim 10^7$ となるように調製した。
- 2) 腸炎ビブリオ以外の細菌：各試験菌を普通寒天培地で35℃、18～24時間培養後、菌体を滅菌生理食塩水に浮遊させ、菌数が約 $10^6 \sim 10^7$ となるように調製した。

#### 4.5. 試験方法

水中のオゾン濃度が約2mg/Lとなるように調製した溶液10mlに菌液1mlを加えて混合し、5、15、30、60、90秒後にその0.5mlを採取し、中和剤として0.1%チオ硫酸ナトリウム溶液4.5mlを加え、作用を停止させて生菌数を測定した。

測定は菌数測定用培地を用いた混釈培養法によって行った。コントロールとして、あらかじめ中和剤を加えた試験液を用い、上述と同様の操作を行った。

#### 4.6. 試験結果

表2に殺菌試験結果を示す。なお、菌数は3回の試験結果の平均値である。

表2 オゾン水の臨床分離株に対する殺菌効果

	オゾン水濃度	コントロール	5秒後	15秒後	30秒後	60秒後	90秒後
黄色ブドウ球菌	2mg/L	$6.0 \times 10^5$	1	1	-	-	-
MRSA	2mg/L	$6.0 \times 10^5$	8	8	-	-	-
大腸菌	2mg/L	$3.0 \times 10^5$	-	-	-	-	-
O-157	2mg/L	$2.5 \times 10^5$	-	-	-	-	-
サルモネラ菌	2mg/L	$6.0 \times 10^5$	30	3	-	-	-
セラチア菌	2mg/L	$5.0 \times 10^5$	7	-	-	-	-
緑膿菌	2mg/L	$2.1 \times 10^5$	80	2	-	-	-
腸炎ビブリオ	2mg/L	$6.0 \times 10^5$	-	-	-	-	-

用いたいずれの試験細菌は2mg/Lオゾン水によって短時間に殺菌され得ることが確認された。ここで試験された細菌が臨床現場から分離された細菌であることを考えると、実際に病院内に存在する薬剤耐性を持っていることも考えられる感染性細菌をオゾン水により殺菌することが可能であることが示唆される。食品工場等においては、長年にわたるアルコールや次亜塩素酸による消毒で耐性菌が出現すると報告されている。その際には、殺菌メカニズムの全く異なるオゾン水を用いることにより、殺菌が容易に行われるようになるという報告がされている<sup>9)</sup>。院内感染対策においても同様のケースが考えられるため、今後、さらなる検討を行う予定である。

#### 5. 今後のオゾン水利用に向けて

感染対策は手洗いに始まり手洗いに終わると言われるほど、手洗いは、重要事項であるが、まだまだ問題

点が山積している。この現状を克服するには、瞬時反応性や手荒れの少ない点を利用したオゾン水による手洗い方法を確立することは極めて有益であると思われる。手洗いに適したオゾン水の用途を調査し、様々な条件を検討するべきであると考え。また、浴槽やシンク等からもしばしばMRSAが検出されることがあるため、浴槽周辺を含めた施設の消毒へのオゾン水の利用も併せて検討する必要がある。さらに、殺菌のみならず、オゾンのもつ強力な酸化分解力を、介護施設等の臭気対策にも活用すべく、オゾン水の用途についてより広い研究がなされているが、最終的には、安全で間違いのないオゾン水利用マニュアルの確立が目指されるべきであろう。

## 6. 参考文献

- 1) 赤堀幸男、村上篤司、星昭二：オゾン水の殺菌効果と院内感染への応用、日本集中治療医学会雑誌、7、3-10 (2000)
- 2) 星昭二、桜井護、北川敏、森啓、斉藤昭、赤堀幸男、村上篤司、鈴木正夫：オゾン水による急性、亜急性毒性試験 静済会医誌、12、89-95 (1995)
- 3) 中村俊彦、板橋家頭夫、小川雄之亮：NICUにおけるオゾン水による手洗いの有用性—他剤手洗いによる手荒れとの比較検討—、日本未熟児新生児学会雑誌、12、43-46 (2000)
- 4) 松尾美佳、吉原いづみ、鈴木裕子、飯田芳子、土井松幸：オゾン水での手洗いの検討、ICUとCCU、25、2 (2001)
- 5) 花崎秀敏：オゾン水による洗眼消毒と白内障術後経過、眼科手術、13、459-461 (2000)
- 6) 辻上弘、田胡和浩、光家由紀子、古谷淳、菅谷彰、出口眞二：歯周治療におけるオゾンの有用性に関する基礎的検索、日本歯周病学会会誌、42、169 (2000)
- 7) 永吉雅人、福泉隆喜、北村知昭、寺下正道、西原達次：オゾン水の口腔内細菌に対する殺菌効果の検討、歯科基礎医学会雑誌、42、175 (2000)
- 8) 内藤茂三：乳酸菌による食品変敗と食品工場へのオゾンの利用技術、食品と科学、5、94-101 (1997)

## 寄稿

### *The University of British Columbia (UBC) にて*

愛知学院大学歯学部 村上 弘

私は大学の在外研究員として、2000年4月から2001年3月まで、カナダのバンクーバーにあるブリティッシュ・コロンビア州立大学(通称UBC)歯学部の Department of Oral Biological and Medical Sciences で1年間の研究生活を送る機会を得ました。

#### *The University of British Columbia*

UBCはバンクーバーの西端にあるカナダ西部で最大規模の州立総合大学です。ポイントグレー半島の先端にある1000エーカーに及ぶ広大なキャンパス内には校舎や研究施設をはじめ、1200万冊の蔵書を抱える図書館、博物館、植物園、庭園、ゴルフ場などさまざまな施設が点在しております。中でも、カナダ太平洋岸のネイティブ・インディアンに関する展示では、世界でもトップクラスの人類学博物館や新渡戸稲造博士(5千円札の肖像)が国際会議の帰途、ピクトリ

