

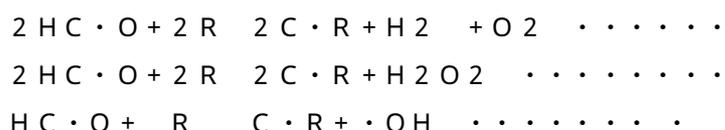
東北大学大学院 名誉教授 奥田禮一

次亜塩素酸ナトリウムの進化系である酸性次亜塩素酸として開発したアクアパトサイドは、食塩水溶液（濃度0.4%）をやや時間をかけて電解し、一般的な強酸性電解水にくらべて高濃度（10倍）の有効塩素を生成・溶存（200ppm強）せしめ、消毒の目的として使用する活性機能水アクアパトサイドの原液として、これを供給しています。この原液は、アルカリ性を示し、安定で、長期保存に耐え得る水として供給されています。使用時には、原液に微量の活性化液を加え、酸性にシフトして活性化したのち、水道水で5～10倍にうすめて使用します。このようにして調整された水は、これまでの一般的な強酸性電解水と同様な組成を有し、微生物不活化（殺菌）機能などは、これらと同等の機能を有することが確認されています。

このように、原液に指定量の活性化液を添加し、水道水で10倍にうすめることにより、この水は、およそ、pH値2.5～2.7となり、いわゆる強酸性電解水と同等な機能水として使用できるよう設定されています。また、活性化液の添加量を指定量の1/2から1/4にへらし、これより中性に近い機能水を得ることもできるようになっています。

しかし、指定の添加量において既述のごとく強酸性機能水が得られるようあえて設定されていることには設計者の意図と理由があります。

そもそも強酸性電解水の微生物に対する不活化作用は、それら微生物の生命維持に不可欠な物質（酵素、ホルモン、ビタミン、他の液性因子など）あるいは、それら微生物の生命維持に不可欠な構造（細胞膜、核または核様物質、そのリボゾームやミトコンドリアなどの細胞内諸器管）を構成する物質（以下これらの物質を生命維持物質またはRと略記）と塩素（主として化学的に不安定できわめて反応活性が高いとされる次亜塩素酸HOC₁由来の塩素）との激烈な反応（次式・、・または・などの反応）と、



さらに、この反応により生成される発生期の酸素あるいは活性酸素との反応によるもので、前記生命維持物質の変質・破壊による生命維持機能の停止によるものと考えられています。すなわち、どのような反応であるかは、Rの特性により異なりますが、これら生命維持物質に対するこの水の強い酸化作用によるものと考えられます。

他方、これら微生物を内蔵する血液や膿などの汚染物質の多くは、弱アルカリ性を呈するものが多く、しかも強い緩衝能（急激な変化を但害する機能）を保有することから、これら汚染物質の微量添加によっても、多くの場合、機能水は少なからずアルカリ側にシフトされることとなります。これらの酸化反応は、機能水と汚染物との接触から拡散の途上で、すでに急激に進行しているものと思われませんが、実際には拡散や浸透にある程度の時間を要し、反応が完了するまでに

は少し時間を要するものとなります。

この間に、弱酸性の機能水が、アルカリ側にシフトするようなことがあれば、反応は、きわめて緩慢なものとなり、かなりの長時間を要しても、未反応の一部を残すことになりかねません。これが、弱酸性機能水を選択しなかった第一の理由になります。

第二の理由は、pHが、2.5から3程度の強酸性と言われる水溶液中においては、溶存する全ての有効塩素濃度中、きわめて高活性の次亜塩素(HClO)の溶存比率はあきらかに低減していることから、より中性に近い(pH 5付近の)水溶液中にあるより、有効塩素は失われにくいこととなります。すなわち、保管中における水の劣化を遅延せしめ保存性を良好ならしめると考えているからです。

第三の理由は、生体毒性に関するもので、一般に健康な皮膚は常在菌の産生する有機酸により弱酸性になっていると言われ、多くの化粧水は弱酸性に調整されていることによるものです。

この水の緩衝能はきわめて低いことから、pHが低くても皮膚のpHを強酸性にまで変換せしめることはなく、むしろ実際の使用感は、その使用後のしっとり感、さっぱり感など、強酸性水に軍配があがっています。また、これら機能水に生体為害性ありとすれば、その程度は、その水の保有する有効塩素濃度に大きく依存するものと考えています。

ところで、先にも述べたように、電解機能水は、これを微生物の不活化を目的にその機能を利用するのであれば、目標とする病原性微生物に対する消毒の目的をより確実に達成するために、さらに、この水の感受性微生物(不活化できる微生物)のスペクトル(範囲)を拡大しておくためにも、その不活化活性を向上せしめておくこと、あるいは、より不活化活性の高い機能水を選別して使用することが大切になります。

不活化活性を高める方法として、溶液のpHを調整して反応活性を高める方法や有効成分(有効塩素)濃度を高める方法などがあります。しかし、高濃度の消毒液を用いる方法は、それなりに、その生体毒性をも高める結果をもたらすこととなり、この際必ずしもおすすめできる方法ではないと考えています。低濃度の領域においても、高活性の微生物不活化活性が高いレベルに維持されるところに酸性の酸性電解水の優れた特性があります。

また、例外的事例も実在し、必ずしも、全ての微生物に関して、対応できるとは言いきれませんが、この活性を知るための手段として、酸化還元電位があります。微生物の不活化作用が、これら機能水の生命維持物質に対する酸化作用であると考えられる限り、不活化活性を知るための指標としての酸化還元電位は、それなりに重視さるべきものと考えています。

ここでは、次亜塩素酸の微生物不活化活性に因んで、殺菌剤の99%不活化CT値に関わるデータを表1に引用しておきます。このCT値は、任意の殺菌剤に関して、99%の微生物を不活化するために要する有効成分濃度と作用時間の積値を示しています。

表・ 各種殺菌剤の99%不活性化CT値 (min・mg/l) (文献より引用)

殺菌剤	腸内細菌	ウイルス	細菌芽胞	アメーバシスト
オゾン水	0.01	1	2	10
次亜塩素酸	0.2	5	100	100
次亜塩素酸イオン	20	> 200	> 1,000	1,000
モノクロラミン	50	1,000	5,000	200

むろん、この指標の有効性は、その微生物と当該消毒剤との関連のなかで、有効成分濃度と作用時間が逆比例の関係にあると言う仮説が成立する範囲において保たれるということになります。また、消毒剤によっては、当該微生物に対して、全く不活化効果を示さない事例や特定濃度以下では作用時間とは関係なく、全くその不活化作用を示さなくなる事例のあることは、よく知られています。

このような前おきをしましたが、このデータから読みとれることは、次亜塩素酸の微生物に対する不活化活性は、次亜塩素酸イオンのそれに比べ、腸内細菌においておよそ100倍、ウイルスにおいてはおよそ40倍、細菌芽胞においては、およそ10倍ということになっています。

【参考文献】

杉光英俊：オゾンおよび活性塩素 生成と反応 防菌防黴
22：245から251、1994

また、古くより人類を悩ませ続けた各種感染症に対する防除手段のなかで、消毒法は最も重要な手段の一つである。しかし、現用の各種消毒法においては、高温高圧蒸気、エチレンオキシドガス（猛毒）、グルタルアルデヒド（発癌性を有する）、放射線など医療現場で使用される代表的なものは、人体に対して強い毒性や刺激性を有するものが重用され、あるいは、高価な設備や資材を要するもの、使用にあたり時間や労力を要するもの、廃棄に際しては環境汚染に抵触するものなどが多用されている。

塩素は、その多くが次亜塩素酸ナトリウム水溶液として水道水の消毒やプールの消毒など、我々の身近なところで用いられている。このように低濃度で用いられる限りは、極めて刺激性や毒性の少ない消毒剤として機能する。また、市販品には、濃度規制があり、一般にはアルカリ性で極めて高濃度の溶液が一般には漂白剤として幅広く流通している。また、酸性次亜塩素酸は食品用消毒殺菌剤（食品添加物）として、さらに歯科医療分野では殺菌消毒剤として多用されている。他方、医療用としては、極めて限られた分野（胃カメラ用ファイバースコープの

消毒)を除き、消毒剤として認可されていない。

今日なお、医薬品として認可されていないことに関しては、きわめて不自然とも思われようが、高濃度のアルカリ性水溶液を軟組織に用いると腐蝕作用があり、若干の発炎作用の発現がみられる。また、このものの価格が極めて安価であることから、高額な経費を要する医薬品申請を達成しても採算性が見込めず、これまでに申請がなかったこと、などをあげることができる。

医療の現場において、病原性微生物に対抗するための重要な手段の一つに、滅菌と消毒があります。滅菌法は、医療現場やその他の場で用いられる物品、用具、備品、医療用機械、住居、診療の場など滅菌対象物(以下単に対象物)内外に現在する全ての微生物(殺菌、真菌、かび、ビールスなど)を完全に(一匹のこらず)不活化(死滅)せしめるための処理法であります。これに対して、消毒法は病原性を示す微生物のみをターゲット(処理の対象)とし、これら微生物の数量(濃度)あるいはそれらの活性を感染レベル(感染の成立し得ないレベル)以下に削減(全滅させるのではない)せしめるための処理法であります。また、消毒には、創傷面に対する処理を意味することがあります。このような場合に使われる消毒の意味は、創傷面上に付着している病原性微生物の数を削減し、この部分に感染レベル以下の状況を実現するか、あるいは慢性化した、あるいは悪化の方向にある感染創に対する処理であれば、同様に病原性微生物の数を減少せしめ、これにより、創傷面を自然治癒の方向に向かわしめるための処理であると考えられます。このような理由で、通常の医療現場においては、滅菌処理の求められる場面はむしろ少なく、特殊な状況下において求められる処理法であり、日常的には消毒処理こそ重要であります。

このように滅菌処理法あるいは消毒処理法は、微生物を含む汚染物に何らかの処理を加え、そこに存在する微生物全て(滅菌)あるいはその大部分(殺菌)を不活化、すなわち、それらの増殖力や感染力を失効せしめるための処理であります。

このような処理には・煮沸、高圧蒸気、乾熱などの高温、高熱を用いる処理法・紫外線、放射線、などを用いる処理法・塩素ガス、ホルムアルデヒドガス、エチレンオキシドガスなどきわめて毒性の強いガスを用いる処理法・薬液や消毒薬を用いる処理法などがあります。

いずれにせよ、これらの処理をおこなうためには、それなりの設備、エネルギー、労力、費用などを要するばかりではなく、これに用いる消毒剤、薬剤や毒性の強いガスなどの生体毒性や環境汚染に関わるリスク対策が求められることになっています。医療現場などでは、これら少なからぬ負担を覚悟のうえ、これらの処理が実施されている事情にあります。

ここでは、滅菌と消毒(1)に次ぎ消毒液を用いた消毒法について、もう少し説明を深めておきたいと思います。

消毒は、何らかの病原性微生物を不活化するための処理であることについては、すでにのべたところですが、ターゲットとする病原性微生物にも多種多様なものがあります。また、これらの微生物については、それぞれに消毒処理に対する固有の耐性があり、最も消毒処理に対して強い耐性を示す横綱級のを筆頭とする番付表のようなものが作られています。消毒液には少なくとも、目標とする微生物の不活化に有効な(微生物が感受性を示す)消毒液を選別して用いる必要があります。

このような選別を要する場面で参考にすべきいくつかの指標あるいは指数があります。これらのなかから、ここでは次述の三項目について、記述しておきたいと思います。

・抗菌スペクトル - 選定すべき消毒液がどの範囲、どの種類までの微生物に対して有効であるかについて知ることができます。少し大まかな言い方をすると先に述べた番付表でどのレベルまでの微生物を不活化できるかを知ることができます。しかし、例えば耐性菌の発現などにより(これまでは有効とされた特定の抗菌剤に対して感受性を示さない微生物の新たな発現)このような番付表との対比のみによる判別、選定には、誤差を生ずる可能性もあります。いずれにしても、抗菌スペクトルが広く、耐性菌を作りにくい消毒液を選定することは、一般に有利と考えられています。

・消毒力 - 一般には規定量の消毒液をもって病原性微生物を包含する汚物をどれだけ消毒（量的に）処理できるかを示す指数であり、消毒能力を示す指標となっています。代表的なものに石炭酸係数などがあります。従来より、消毒剤の選定にあたりこの指標は最も重視されてきた経緯があります。しかし、このような消毒力偏重の傾向には賛同しかねるところがあります。確かに、強力な消毒力を有する消毒剤を用いれば、より多量の汚物を処理できるばかりではなく、強力なものであればあるだけ反応性が高まり抗菌スペクトルも拡大される傾向にあります。有効成分の濃度を高め、より毒性の強いものを用いれば比較的容易に消毒力を高めることができます。しかし、消毒剤に求められる特性はこればかりではありません。このような消毒力の強い消毒剤が生体に接触した場合のことも考えておかなければなりません。このような消毒剤に内在する過剰な消毒力、あるいは毒性は、生体に接触して、この部に好ましからざる副次的な作用をもたらす、これらを残留する結果になります。生体組織を過剰に刺激し、腐蝕し、あるいは浸透して蓄積し、時として発ガン性を残すなど、生体に好ましからざる結果を残すばかりでなく、環境に汚染を残すこととなります。頭上に止まる蠅を退治するに、金属バットを用いるべきでなく、蠅叩きの俊敏な動きをもってこれを行うべきなのです。ちなみに、目には見えず、実感としてとらえにくいところもあろうかと思いますが、生体細胞の大きさと細菌やビールスの大きさとの間には、この例え以上の差異が現存しています。

・消毒活性 - 消毒剤の殺微生物作用の俊敏さを表示する指標となるべき数値を考えてください。本来、消毒剤に求められるべききわめて重要な機能を表す指標を考えていますが、この種の機能を総じて適切に標示するための適切で、具体的な指数、指標の提案は見当たりません。消毒活性は、本来、・や・に記述した消毒スペクトルや消毒力とは別個の概念であります。そもそも、あらゆる対象物の消毒処理に先立ち、できうる限り対象物から汚れを取り除いておくこと、すなわちクリーニングは消毒処理の基本とされています。対象物から大部分の汚れが取り去られ、わずかな汚れを残すだけの状態で高活性の消毒剤が用いられ、消毒処理の途上でわずかな汚れとの反応により、消毒剤の活性が大きく失われることが無ければ、例えその潜在的な消毒力が小さかろうと、消毒処理は安全かつ容易に、かつ短時間で達成できるはずで、物理的な方法（たわし、スポンジ、ヤスリ、超音波などを用いる方法、あるいはブラスト法：細粒や蒸気などを吹き付ける方法など）や化学的方法（洗剤、表面滑性剤、酸・アルカリなどを用いる方法）あるいはこれらを組み合わせる方法を採用して、対象物に付着している汚れの大部分を取り去っておくことは、消毒処理を行うにあたってきわめて重要なステップであると考えています。病原性微生物を包含する汚染物が対象物の表面に積層状、あるいは塊状を成して固着している場合や対象物の表面の凸凹に侵入、あるいは、表面下に浸透して残留している例などでは、いかに優れた消毒剤を用いようとも、消毒処理は不効率、あるいは、不十分なものとなります。

近年、注目を集めつつある酸性の酸化性電解機能水は、その有効成分がきわめて低濃度であるにもかかわらず、高活性の殺微生物機能を保有、維持していることから、生体毒性がきわめて少なく、広域の消毒スペクトルを保有し、耐性菌を作らないなどの特性をも併せて、今世紀における消毒用アイテムとして大いに推奨できるものと確信しております。厚生省がノロウイルスには次亜塩素酸ナトリウムを薦めていますが、その進化系として開発された、酸性次亜塩素酸で、安全でかつ強力殺菌が魅力です。

ここでは、消毒剤の微生物不活化（殺菌あるいは殺ビールス）作用についてその機能に触れておきたいと思います。

そもそも、消毒剤の微生物に対する不活化作用は、消毒剤中に含まれている有効成分と微生物の生命維持に不可欠な生理物質（酵素、ホルモン、ビタミン、液性因子など）との化学反応により、あるいは微生物の諸機関（核様物質、細胞膜、細胞壁、その他ミトコンドリア、リボゾームなどの構造体）を構成する化学物質との化学反応により、それらに変質、変性、あるいは破壊され、その機能が失われることにより発現するものと考えられます。消毒剤中に含まれる有効成分（多くは高活性の化学物質）と微生物に付随するあるいはその周辺に存在する化学物質との反応が、上記微生物の生命維持関連以外のところで進行する例においては、こうした反応の多くは、

微生物不活化作用の進展とは無関係なものとなります。しかし、多くの消毒剤を用いた場合の化学反応の多くは、不活化作用に加担する反応となっています。このような理由で、消毒液に含まれる有効成分（化学物質）の反応活性は、消毒液の殺菌活性を知る上で、きわめて重要な指標であると考えられています。

発表した文献・学会論文

消毒薬の作用範囲(スペクトル)

		グ ラ ム 陽 性 菌	グ ラ ム 陰 性 菌	結 核 菌	真 菌	ウ イ ル ス	芽 胞
酸化剤	オキシドール			×		×	×
ハロゲン化合物	アクアパトサイド(酸性電解水) 次亜塩素酸ナトリウム ヨードチンキ、ポビドンヨード クロロヘキシジン			■ ×		×	■ ×
アルコール類	エタノール、イソプロパノール						×
アルデヒド類	ホルマリン グルタルアルデヒド						
フェノール類	フェノール、クレゾール石鹼						×
界面活性剤	陽イオン界面活性剤 (塩化ベンザルコニウム、塩化ベンゼトニウム) 両性界面活性剤 (アルキルポリアミノエチルグリシン)			×		×	×
色素類	アクリノール						

有効 十分効果が得られないことがある ×無効 B型肝炎ウイルスに有効 E15ウイルスに有効

■5倍希釈して、10分間作用させた場合

- 1) ・ 安倍 敏、宮 豊、奥田禮一
 - ・ 酸化電位水のHBウイルスに対する不活化作用
 - ・ 日本歯科保存学会誌、37、1616～1623、1994.
- 2) ・ 安倍 敏、岩松洋子、奥田禮一
 - ・ 酸化電位水のMRSAおよび緑膿菌に対する殺菌作用
 - ・ 日本歯科保存学会誌、37(春季特別号)、34、1994.
- 3) ・ 奥田禮一

- ・ 歯科医療におけるハイリスク患者の管理
 - ・ 日本歯科医療管理学会雑誌、28、1～17、1993.
- 4) ・ 奥田禮一、笹崎弘己、兼平正史、岡部太一、安倍 敏、田上 篤、
岩松洋子、宮 豊、清水義信
- ・ 形態変化から観た酸化電位水の殺菌効果
 - ・ 日本歯科保存学会誌、37、755～765、1994.
- 5) ・ Takeda M. ,Okuda R.
- ・ Infect preventability of an electolysis acid water on implant operation
 - ・ Abstracts of the 3rd world congress for oral implantology , F249, April, 1994.
- 6) ・ 土屋 桂、寺沢勇二、奥田禮一
- ・ 殺菌・消毒用電解酸化希薄食塩水の化学組成に関する検討
(第1報)電解機能水の生成と化学組成
 - ・ 拓殖大学理工学研究報告5(4)、293～304、1996.
- 7) ・ 土屋 桂、寺沢勇二、奥田禮一
- ・ 殺菌・消毒用電解酸化希薄食塩水の化学組成に関する検討
(第3報)電解酸化水中の塩素系化学種の存在形態
 - ・ 拓殖大学理工学研究報告5(4)、312～318、1996.
- 8) ・ 安倍 敏、平田政嗣、奥田禮一、斉藤 修、小松正志
- ・ 試作無隔膜電解槽を用いた機能水の生成とその応用
とくに保存性と殺菌機能について
 - ・ デンタルダイヤモンド、13、29(10月号)、2004