

電離性酸化水(機能水)の殺菌効果について

日本構造医学研究所所長 吉田勸持

A study of electrolyzed oxidized water“function water”for bactericidal effect
The President of Japan Structural Medical Science Institute
Kanji Yosida Ph.D

本研究の基本的命題は、東北大学研究グループの緑膿菌および大腸菌体の電離性酸化水による殺菌後の残骸電顕写真による細菌体破壊現象の物理学的検討を通して計画準備したものであり、この菌体破壊象が一般破壊現象である溶解、脱水、凝固、融解、穿刺とは明らかに異なる現象であって（電荷エネルギーの移行過程を時間軸指標で観察すれば、その結果として上記の諸現象を出現させる可能性はあるが、電荷エネルギーの移行速度が経時的観察で非常に速いということは微生物破壊の本質を示唆しており、各過程の菌残骸である変性残留物を確認できたとしてもこのような表現が適当であると考慮される）、しかも類似する膨圧とも違った菌体境界膜の爆裂的な内容物の放出（爆裂部位に並進あるいは放射状に散乱する）といったかなり力強い、しかも短時間に発生したと思われる破壊像として観察されることから、このような爆裂性破壊が菌体内部に何らかの形で急速に内圧上昇させる事象を発現させたことが考慮され、これに着眼し微分差顕微鏡による動的映像として撮影を試み考察を加えようとしたものである。

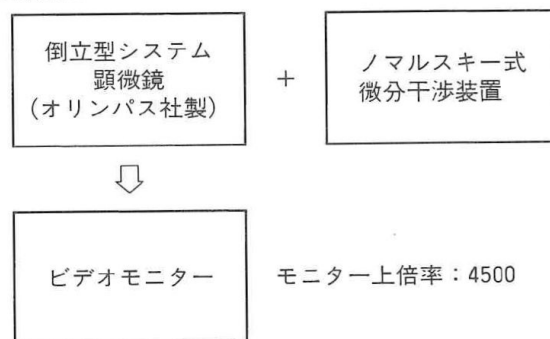
実験材料および方法 ※日本構造医学研究所資料

- 菌種(CRC社提供)：
グラム陽性菌：黄色ブドウ球菌
グラム陰性菌：大腸菌、緑膿菌、インフルエンザ菌

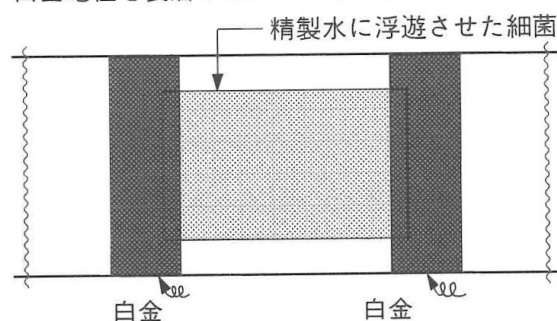
- 酸化水生成装置：
リモデリング21社製

＜実験方法＞

- 観察：



- 通電：
白金電極を装着したプレパラート：



- 電源：
電圧：0～12V 電流：0～2mA

かかる現象に照らして、電離性酸化水処理に関わる菌残骸（デブリ）の検索からは、単純な水の菌体内原形質移動によるものとは明らかに異なる菌体内原形質の噴出が観察されている点で十分に検討せねばならない物性破壊状の問題が提起された。

例えば一般現象として、爆裂性の現象を得るには、その固体内部に爆薬に相当する物質を投入するかまたは膜抵抗(張力etc)が開始され、十分に抵抗できる時間よりかなり速い短時間に個体内に爆裂的エネルギーを加えてやることによって誘発された爆轟:detonationによる破膜作用を想定することになる。実際そのようなエネルギーの菌体膜内導入にあたっては、電気エネルギーの菌体膜内導入による作用が現実的であって、一般的化学エネルギーの菌体膜内導入は非常に難易性が高いと考えられた。ここで参考となるのは、従来電極を用いた殺菌効果については、日本国特許等でも数多く出願されており、その大半が微弱電流(電位差)での電極菌体接触殺菌もしくは電気化学的(詳細不明)効果として発表されていた。当研究所では、まったく独自の観点から在体構造を含む水の性質に着眼し、電媒性通電と非電媒性通電(一般には不導体である)の内容を吟味することによって、一種の水分子集合体(クラスター)荷電性(水コンデンサー効果)について考慮する結果となった。これについては、電媒性通電では当然電流は平易に流れるが、純水または精製水では導電しない。しかしこのような純水および精製水にあっても、洗浄した生菌を浮遊させ通電すると、電媒性通電とはその大きさにおいていくらか小さい電流を得ることが判明した。これは菌体間における一種の跳躍伝導であって、菌体は陽電極方向への一定流を形成する結果となった。菌体は外膜(境界層)に包まれた個体であって、一般的に外表面は陰性に帯電しており、個体の内界・外膜界における蓄電装置構造を形成している点が判明した。このような一種の菌体コンデンサーに対して電圧、電流(電気エネルギー)を付与した実験から、その菌体は爆裂的に破壊する現象として観察することができた(微分差

顕微鏡撮影装置による動画解析からビデオテープに録画済み)(図1)。また、数種の菌体において同様のことが観察できたことから、我々は殺菌性薬物との対比および電離性酸化水(機能水)との対比実験を試み、同様の破壊状況の観察像を検討した結果、通電性(電極非接触状態)での菌体破壊像に電離性酸化水での破壊像が酷似することを発見した。また、数種の薬品との比較から、結果的にヒビテン液によって破壊された菌体に酷似することも判明した(※ヒビテン:膜および細胞骨格破壊システムを持つ)(表1参照)。しかし、本研究での観察では殺菌体残骸(デブリ)が類似しているのであって、こ

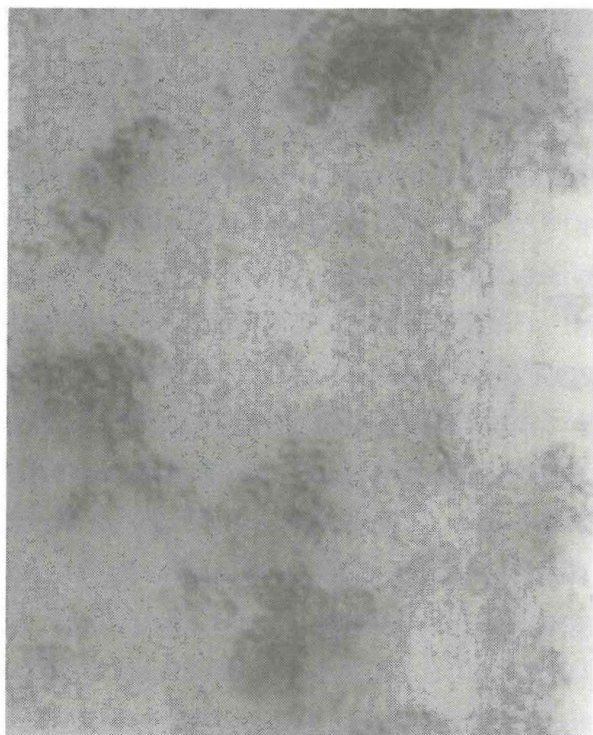
図1 実験結果は動画として記録されているが、そのうち緑膿菌について各々の処理像を静止画像としてout putしたものを以下に示すこととする。

- ①生菌浮遊状態
- ②電離性酸化水滴下後検索(デブリ像)
- ③プレパラート通電(電気エネルギー付与)後検索(デブリ像)

※②と③の菌体破壊像は同様の爆裂像を示している。



①



②



③

の薬物の正確な作用機序についての同定には至らなかった。しかるに、電気エネルギーによる菌体破壊の過程は、まさに電離性酸化水の主殺菌メカニズムを一目のもとに示す結果となった(図5-2～図9。口絵カラー参照)。

(参考)

※ヒビテン(グルコン酸クロルヘキシジン：
ビグアニド系消毒剤)

〈殺菌作用〉

一般的作用機序として、細胞膜に付着し細胞膜の障害と細胞質の漏洩を起こすと考えられており、クロルヘキシジンが酵素タンパクに吸着してその作用を阻害し菌生息を障害する。さらにクロルヘキシジン濃度が高くなると細胞内の高分子物質が沈澱を起こし、殺菌作用を誘発するものとされている。

一般の栄養型細菌には効果があるが、真菌、結核菌、ウイルス、芽胞に効果が認められていない。一般細菌に対する殺菌力は菌種によって

かなり変動があり、特にグラム陰性桿菌のなかには感受性の低いものがある。さらに、種々の細菌に抵抗性菌のあることが報告されており、耐性菌対策の必要な消毒剤である。またグルコン酸クロルヘキシジンは、経口毒性や皮膚組織に対する副作用が少なく、手指消毒剤として広く使用されているが、粘膜面に対しては眼科(結膜囊)以外には使用できない。

〈欠点〉

- ①粘膜にほとんど適用できない。
- ②耐性菌のあることが知られている。
- ③リネン、タオル、また汚れ物などの有機物に吸着されやすい。
- ④石鹼(陰イオン界面活性剤)によって沈澱を起こし、殺菌力が減殺される。
- ⑤硫酸イオンなど多くの陰イオンと反応して沈澱を起こす。
- ⑥次亜塩酸ナトリウムと混合すると、赤褐色の粘着性物質を生じる。

電離性酸化水滴下による細菌の破壊率 ※日本構造医学研究所資料

	黄色ブドウ球菌					緑膿菌					大腸菌					インフルエンザ菌								
	電離性酸化水	ヒビテン	クレゾール液	石鹸液	オキシドール	イソジン	電離性酸化水	ヒビテン	クレゾール液	石鹸液	オキシドール	イソジン	電離性酸化水	ヒビテン	クレゾール液	石鹸液	オキシドール	イソジン	電離性酸化水	ヒビテン	クレゾール液	石鹸液	オキシドール	イソジン
1滴	80%	50%	0	0	30%	90%	70%	0	—	60%	60%	30%	0	40%	0	50%	0	—	50%					
2滴	95%	90%	0	—	30%	95%	80%	0	—	70%	85%	50%	0	60%	20%	80%	20%	—	—					
3滴	100%	100%	0	50%	30%	100%	95%	0	60%	80%	99%	60%	0	80%	30%	99%	30%	—	90%					
4滴	100%	100%	0	60%	30%	100%	99%	0	70%	90%	100%	60%	0	90%	50%	100%	40%	—	99%					
5滴	100%	100%	0	70%	30%	100%	100%	0	80%	100%	100%	60%	0	90%	60%	100%	50%	—	99%					

注：1) —；判断しにくい。2) クレゾール石鹸液は原液を50倍希釈。3) ヒビテンは、0.05% (w/v) 液。CRT上での倍率は4500倍相当であることから、マトリックスinchレベルでの破壊菌数をおおむね同定し、全体への積算値でイメージされた破壊率を示している。

表1 各菌体に対する電離性酸化水と各種の消毒剤滴下実験での菌体破壊量の比較

1) 蒸留水における低度殺菌作用の本態。

熱エネルギー付与による水分子集合体（クラスター）の小分子化作用が粒子性拡散速度を増加させるために菌体内外の浸透を促進し、菌界面膜を膨圧的に破壊することによる。結果、菌体死骸観察により膨圧膜破壊像が得られた（長い浸潤時間を要する）。

2) diffusion (拡散) とは、物性物理学上では物質粒子がランダムな熱運動により攪拌される現象をさす。

$$J = P \cdot S \cdot (C_1 - C_2)$$

J：拡散量
 P：透過係数
 S：拡散面積……拡散速度から速度の積分値

C₁ 濃度
 C₂ 濃度 } 区分

3) 浸透 (osmosis) とは水の透過膜であり、溶質不透過性の膜で分けられた区分で溶液中の水が濃度高位側に移動する現象であることは既知のことである。浸透圧による膨圧破壊には膜

の張度および膜剛性強度が関与しており、一般に動物性細胞体における原形質膜と植物性細胞体における細胞壁とはその剛性強度に圧倒的差をもっているのみか、物質粒子の浸透性抵抗値もまったく異なっており、植物性外包膜が極端に浸透性膨圧破壊に耐性をもっていることが判っている。

4) 水に電媒物質 (NaCl：電解質etc) を加えて通電 (電気エネルギー付与) された電離性酸化水 (機能水) は、水そのものの自由運動が活性化され分子集合体 (クラスター) をより小粒子化する作用をもっている。これによる殺菌作用は蒸留水同様に膜浸透圧を高め、これによる非常に強い膨圧破壊を誘発することとなる。

- クラスター小粒子化作用による機能水作用は、菌体死骸観察から非常に類似した効果を見ることができ点が重要である。ただし、破壊速度の問題がもう一つの重要な要素を含有している。

酸化電位水実験での感受性順位	CDV パラミキソウイルス	FHV ヘルペスウイルス	FIPV コロナウイルス	FCV カリシウイルス	CPV バルボウイルス
核 酸	RNA	DNA	RNA	RNA	DNA
大きさ (nm)	150~250	150~200	80~160	30~39	18~26
envelope	+	+	+	-	-
capsid対称性	螺旋	立方体	螺旋	立方体	立方体

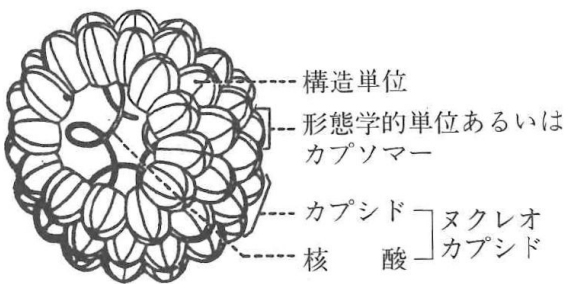
(左から右へ感受性降下)

北里大学獣医学部産産学部獣医伝染病学教室研究資料より

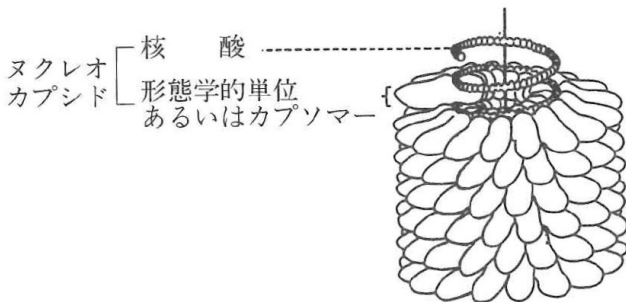
表2 酸化電位水でのウイルス感受性比較実験データ

5) 電離性酸化水（機能水）のような荷電水と接触し破壊あるいは殺菌作用を受けた微生物は、その物性形態が生物コンデンサー系を成しており、さらにウイルスのような極微生物体の実験的破壊効果の検索から効果的であったCDVやFHVでは、その構造にenvelope（外被）を持った形状となっていて、境界層・内容のコンデンサー基本構造を認めることができた。これに対し

ウイルスの形態



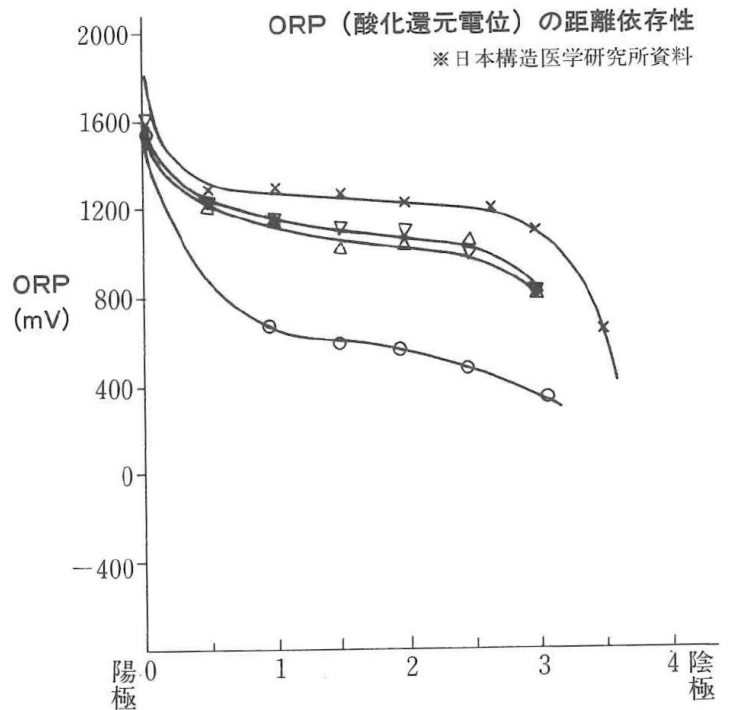
a. 立方対称



b. 螺旋対称

(Madeley, C. R.: Virus Morphology より)

図3 代表的ウイルスの二形態

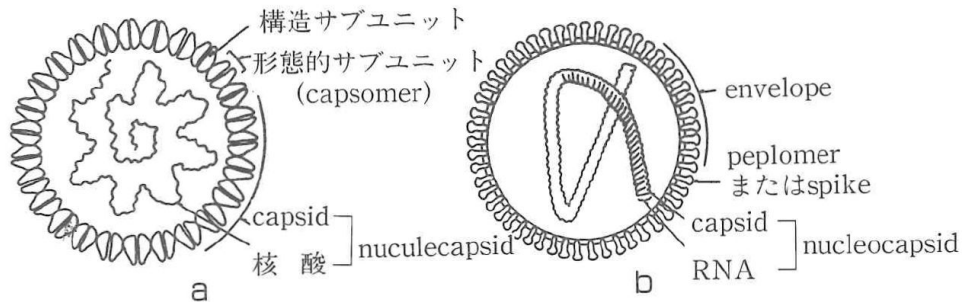


The dependent of ORP on the distance between anode and cathode for the current(mA).
(○) 0.15, (△) 0.35, (▽) 0.5, (×) 1.13

図2 電極間の距離対応によるORP計測値を示した図
※本実験で用いたプレパラート上でのORP特性についての実験値を示す。(▽) 0.5は電離性酸化水近傍ORP曲線

て、FCVやCPVのようにenvelopeを持たないタイプでは境界層なしで内容が暴露されており、コンデンサー基本構造を有しないため蓄電容量がなく（導電環境要素として作用）、エネルギー飽和容量破壊を発生しないことが考慮された（本研究所およびそれ以外の各種の研究機関の実験結果報告に基づいて解析考察した）（表2および図3、4参照）。

ウイルスの一般的性状



ウイルスの模型断面図。
 a：正20面体状ウイルス粒子。
 b：envelopeに包まれた桿状（らせん状）nucleocapsid.

図4 ウィルス性状対比

電離性酸化水(機能水)における
 殺菌機序の一考察

【要約】

- 1、細胞
 - 脂質二重膜で隔離
 - 内外に電位差を保存
 - ⇩
 - 生物コンデンサー
- 2、水
 - エネルギー状態に応じた分子クラスター形成
 - 機能水(酸化水、アルカリイオン水)が存在する
 - ⇩
 - 微電池を有する水コンデンサー
- 3、微生物への電離性酸化水(機能水)滴下、通電
 - 微生物の持つ静電容量オーバー
 - ⇩
 - 生物コンデンサー膜破壊現象

【結論】

- 1、微生物は、静電容量が小さく、微弱電荷でも膜コンデンサー破壊を起こす。
- 2、電離性酸化水(機能水)の本質は電荷保持水である。水中への通電と同様の効果を持つ。

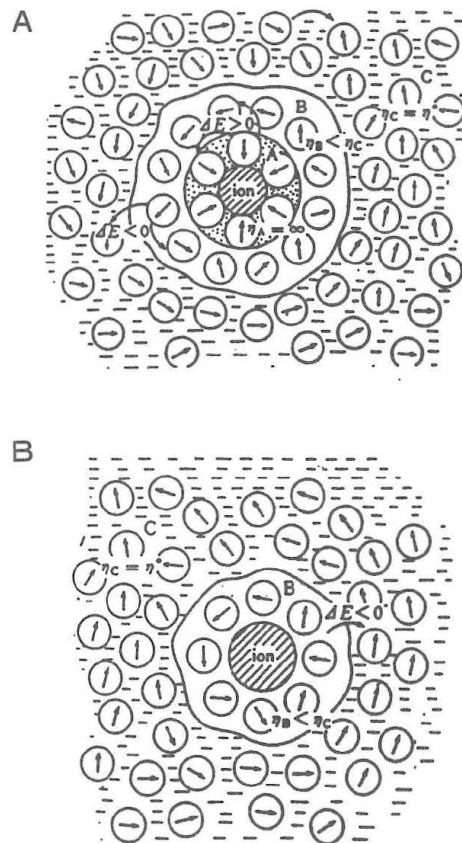


図5-1 Frank-Wen Model of Ionic Hydration.
 A; positive hydration
 B; negative hydration.

- 3、電気エネルギーによる電荷殺菌という殺菌方法が存在する。