



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

安倍 敏 + 平田政嗣 + 奥田禮一 + 齋藤 修* + 小松正志

Satoshi ABE

Masatsugu HIRATA

Reiichi OKUDA

Shu SAITO

Masashi KOMATSU

● 東北大学大学院歯学研究科 口腔修復学講座 歯科保存学分野 *) 仙台第一歯科医院

水道水に微量の食塩を添加した水溶液を電気分解して陽極から分離される酸性の電解機能水は、細菌、真菌、あるいはウイルスに対して俊敏な高活性の不活化作用（殺微生物作用）や脱臭、漂白作用を有すること^{1, 2)}を報告して以来、早くも10年が経過した。さらに、この水は人体組織に対してほとんど毒性や刺激性を示さないことから、消毒剤として歯科治療分野はもとより、一般医療や食品産業など広範な分野で応用可能な水であることを公表³⁾してきた。

この間に、電解機能水は多くの方々幅広い分野で応用され、多種多様な病原性微生物に対して俊敏な不活化作用を有するばかりでなく、耐性菌を作らないこと⁴⁾、さらに、人体の皮膚、粘膜、創傷面に用いても、刺激性、腐蝕性、蓄積性、発がん性など副次的な為害作用を示さないこと⁵⁾などが再確認された。また、使用法に関する指針となる、この水の特性をはじめ、この水の化学組成⁶⁾、なかでも塩素系化学種の存在形態⁷⁾などが解明され、数多くの有為なる知識が蓄積されるに至っている。

しかし、このような秀逸な特性にもかかわらず、電解機能水の一般への普及、拡大に関しては、当初われわれの予測していたものとは大きな隔りがあり、今日なお不本意な現状にあることも否定

できないところである。

この水の普及拡大を阻害している重要な因子として、この水がきわめて高活性であるが故に、その品質保持期間が生成時よりおよそ10日間と、比較的短い点が挙げられる。このことは、生成後の水を輸送し、あるいは、デリバリーして用いることができず、生成装置そのものを使用現場の近くに設置することが必要であり、初期投資や設置場所の供与を強要するものとなってきた。

そこで、われわれは殺微生物作用を維持させながら、品質保持期間を延長できる機能水の研究を行ってきた。従来の生成装置は、電解槽を隔膜で陽極側と陰極側に仕切って電気分解する隔膜電解法を用いていた。しかし、本研究では、陽極と陰極の電極間に隔膜を有しない無隔膜電解槽中で電解する装置を試作した。この装置を用いると、安定なアルカリ性を示す電解水が生成できること、この水に微量の希塩酸を加えて酸性化することにより、これまでに広く用いられてきた酸性の電解機能水と同等の組成と機能を有する酸性の高活性電解機能水が得られることが予測できることが明らかになった。希塩酸を添加する理由は、アルカリ性よりも、酸性電解水のほうが殺菌効果が優れているとされているためである。

さらに平成11年6月25日付の厚生省生活衛生

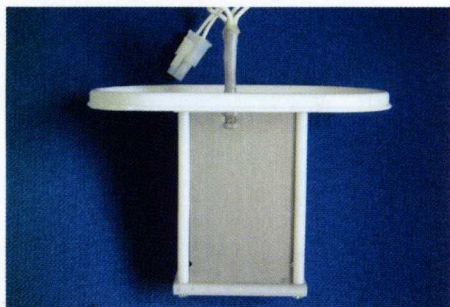


図1 試作無隔膜電解槽を用いた電極

局食品化学課長通知（衛化第31号）により、無隔膜方式による電解水は食品衛生法に定められている添加物（殺菌料）である次亜塩素酸ナトリウムを希釈したものと同等であり、そのものの販売、製造、使用等が可能であると確認された。

このようにして、安定でやや高濃度の無隔膜電解水のデリバリーが可能となれば、この水を生成後に供給し、使用時に酸性の活性化剤を加えることによって、殺微生物作用をより活性化させるとともに、これを水道水で希釈することによって、デリバリー時には少量であっても、使用時には大量の電解機能水として用いることが可能となり、前述の難題が一気に解消できることとなった。

本研究では、無隔膜電解槽を用いてアルカリ性電解機能水を生成し、生成水ならびに同水に塩酸を添加して酸性化した水について、溶存有効塩素濃度、pH、酸化還元電位を測定するとともに、これらの水の各種温度条件下でプラスチック容器中に保存して、溶存有効塩素濃度を経時的に測定し、保管中における水の劣化速度を検討した。また、無隔膜電解水を蒸留水で希釈したのち、塩酸を添加して、酸性の電解機能水を調製し、この水の各種細菌に対する不活化効果を検討した。

試作電解水生成器および電解水

試作した生成装置は無隔膜電解槽を有し、電極（図1）には60×100mmチタン白金板を使用した。

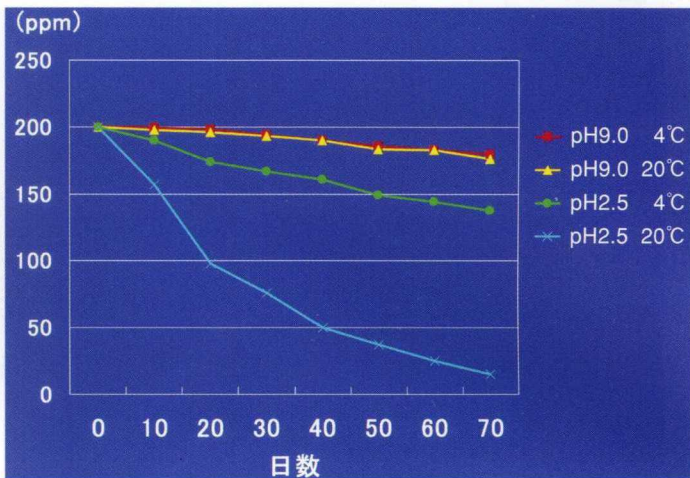


図2 有効塩素濃度の経時的変化

原水には0.4%食塩水を10L用いて、2時間循環法により電解した。従来の有隔膜の2室型電解槽を用いて電解した場合は、酸性とアルカリ性の2種類の電解水が生成されるが、本試作装置は1室型で、電解水は1種類のみが生成される。

生成された電解水は有効塩素濃度200ppm、pH9.0、酸化還元電位760mVを示した。

また、上記の電解水に塩酸を添加し、有効塩素濃度200ppmを維持させたまま、pH2.5、酸化還元電位1,120mVの酸性電解水についても検討した。

有効塩素濃度の経時的測定

電解水の殺菌機能の主要因は溶存する有効塩素とされている。そこで、電解水の保存性を調べるために、試作無隔膜電解装置から生成された電解水ならびにpH2.5に調製した酸性電解水をプラスチック容器に密栓して、20℃および4℃に保管し、70日間、経時的に有効塩素濃度を測定した。

pH9.0およびpH2.5に調整した電解水の有効塩素濃度の経時変化をグラフ（図2）に示した。pH9.0の電解水は、pH2.5の電解水よりも有効塩素濃度の低下は明らかに緩やかであり、生成して2ヵ月後の有効塩素濃度の低下は、10%程度であった。pH2.5の場合は室温保存によって塩素濃度の低

表① アルカリ性の無隔膜電解機能水から調製した酸性電解機能水の殺菌効果は、従来の酸性電解機能水と同等の殺菌活性が確認された

無隔膜電解槽から生成した電解水の殺菌効果				
	有効塩素濃度 (ppm)	処理時間(分)		
		1	10	20
<i>Staphylococcus aureus</i>	20	—	—	—
<i>Candida albicans</i>	20	—	—	—
<i>Bacillus subtilis</i>	20	+	+	—
	50	+	—	—
+ : 増菌したもの - : 増菌しなかったもの		pH:2.5		

下が著しいが、pH9.0の場合には室温保存と冷蔵保存に明らかな差は認められなかった。

殺菌試験

殺菌試験は、無隔膜電解装置から生成された電解水を蒸留水で希釈して、臨床で使用される程度の有効塩素濃度20ppmあるいは50ppmとし、さらに塩酸を添加してpH2.5に調製して処理液とした。

供試細菌は、

- ① *Staphylococcus aureus* ATCC6538P
- ② *Candida albicans* ATCC10231
- ③ *Bacillus subtilis* ATCC9372

を用いた。

これらの細菌をPBS(-)に浮遊させ、 10^8 cells/mLの菌液を調整し、電解水9 mLに菌液1 mLを加え、1分、10分および20分間処理した。その後、ブレインハートインヒュージョンブイヨン(日水製薬社)に播種し、35℃で48時間培養して、菌の増殖を観察した。

殺菌試験の結果を表1に示した。

*S. aureus*および*C. albicans*に対しては、有効塩素濃度20ppmの場合においても1分以内にすべての菌を殺菌した。

一方、芽胞を形成する*B. subtilis*に対しては有効塩素濃度50ppm、10分間の処理条件ですべての菌を殺菌した。

これらの殺菌試験結果は、従来から使用されている隔膜を有する2室型電解槽で生成された酸性電解水の殺菌機能と同等であった。

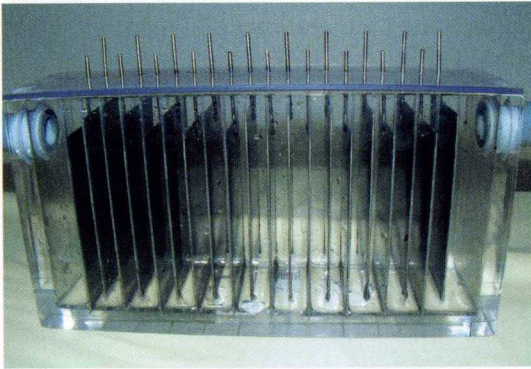
考察

無隔膜電解槽中で生成されたpH9.0の電解水の有効塩素濃度の低減速度は、明らかに小さく、保存性に優れていた。電解水をただちに使用せず、保存する場合には、アルカリ性の状態で保存することが重要であり、保存容器が密栓状態であれば、室温保存が可能であると考えられる。

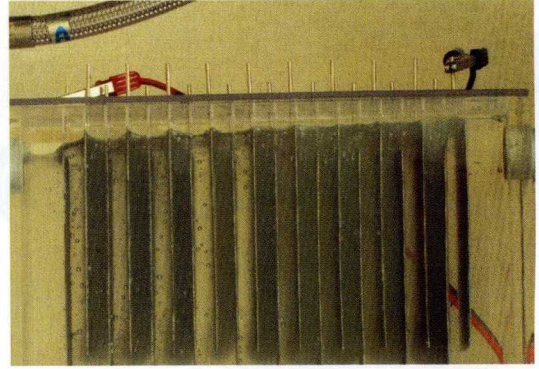
pH2.5の電解水の場合には、水中に溶存する有効塩素が塩素ガスとして放出されるため、経時的に有効塩素濃度は著しく低下する。一方、pH9.0の電解水中の有効塩素は次亜塩素酸イオンとして溶存するとされていることから、塩素ガスとしての放出は少なく、有効塩素濃度の経時的低下は緩やかであったと考えられる。

殺菌効果は、有効塩素濃度が同程度であれば無隔膜電解装置と有隔膜電解装置から生成された電解水の殺菌活性は同等であり、より保存性に優れた無隔膜電解装置を用いたほうが有利である。

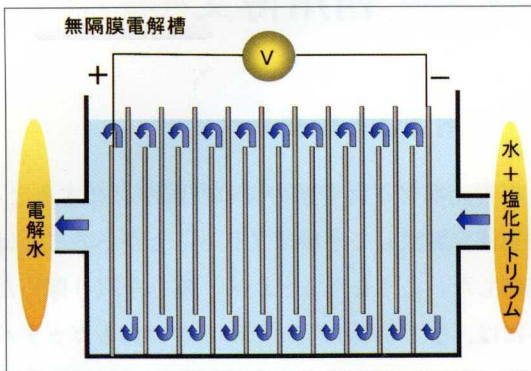
実験では有効塩素濃度200ppmの電解水を10倍希釈して20ppmとし、殺菌効果を調べた。臨床現場などでは、使用時には同様に10倍程度に希釈し、また、殺菌活性を高めるために、酸性に調製して使用することが望ましいと考えている。この調製によって、電解水は生体為害性が少なくなり、消毒対象物に対して多量に使用することが可能になる。



図③ 試作無隔膜電解槽



図④ 電気分解中の電解槽



図⑤ 無隔膜電解槽の電解原理図



図⑥ 無隔膜電解水は、小規模ながら商品名アクアパトサイドとして、すでに商品化されている

アクアパトサイド

現在、試作した電解水生成器を改良し、電解槽(図3～5)の電極数を20枚に増やし、一度に80L / 2時間の電解水生成が可能な装置を製作した。「オクダヤ」から小規模ながら市販品(アクアパトサイド:図6)も提供できるようになり、ご使用いただいた方々からは好評を得ている。なお、この件に関する詳細は、ホームページ(<http://denkaisui.zero-yen.com/main.html>)に記載されている。

【参考文献】

- 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、日歯保存誌、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、日歯保存誌、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、日歯保存誌、37: 755～765、1994。
- 5) Takeda M., Okuda R.: Infect preventability of an electrolysis 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)、電解酸化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。