

## 酸性電解水と擬似的酸性水との殺菌効果の比較検討

昭和大学藤が丘病院臨床病理科

岩 沢 篤 郎 中 村 良 子

(平成8年5月10日受付)

(平成8年6月5日受理)

---

 Key words: acidic electrolyzed water, chemical acidic sodium hydrochloride (NaOCl) solution, bactericidal effect
 

---

## 要 旨

酸性電解水は、現在、多種多様な機種より生成され使用されている。本検討では、酸性電解水の殺菌における塩素量とpHの影響を明確にすることを目的に行った。*Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Pseudomonas aeruginosa*の3株を用い、強酸性および弱酸性電解水のpH領域を希塩酸と水酸化ナトリウムで作製した擬似的酸性水を用い、酸性電解水と比較した。pH 5~6では、塩素量50mg/lで3菌株に即効的な効果が認められ、6時間開放放置でも塩素量の消失はなかった。また、pH 2.67~2.80, 塩素量5mg/lで3菌株に殺菌効果があり、6時間開放放置で80%塩素量が残留していた。

以上のことから、少量の塩素で殺菌するのであれば、pH 2.7前後の強酸性電解水を生成直後に使用し、安定した殺菌力が望まれる環境清掃などには弱酸性電解水の使用が適していると考えられた。

## 序 文

我々は、強酸性電解水(三浦電子製のオキシライザー®より生成されるアクア酸化水)を用い、基礎的検討から臨床応用へ種々の検討を重ねてきた<sup>1)~8)</sup>。アクア酸化水の抗微生物効果は、MRSAからウイルスまで幅広い抗菌スペクトルを有し、即効性であるが、有機物の混入により殺菌力は低下しやすい。しかし、従来の消毒薬と比べ細胞毒性は著しく低いことなどを報告してきた。また、アクア酸化水の殺菌効力を示す因子の本体は、電子スピン共鳴(Electron spin resonance, ESR)法、Chemilluminescence法で活性酸素は検出されなかったことから、次亜塩素酸を主とする塩素関連物質であることが判明した<sup>4)</sup>。この塩素の被酸化反応種の一つはアミノ基であり<sup>9)</sup>、電子顕微鏡

的観察<sup>8)</sup>から、微生物への作用は非特異的な酸化反応によるものと考えられた。

他施設においても、強酸性電解水は*in vitro*での殺菌効果が高く、毒性が低いとの多くの検討成績が重ねられつつあり、注目されている<sup>10)~14)</sup>。その中で、有機物混入による殺菌効果の低下や、さびやすいなどの問題点が指摘されている。最近、この問題点を解決したとされる弱酸性電解水が市販されるようになってきた。しかし、この弱酸性電解水に関する報告はまだ少なく、有効の評価は明確ではない。そこで今回、化学的に擬似的酸性水を作成し物性値・殺菌効果の検討を行い、従来の強酸性電解水との相違点について比較検討を行い、若干の知見を得たので報告する。

## 材料および方法

## 1. 酸性電解水

強酸性電解水は、オキシライザー® OXM-01(三浦電子)より、弱酸性電解水は、アクアチッド® NDX60KMW(オムコ)より流水生成方式で作ら

---

 別刷請求先：(〒227) 横浜市青葉区藤が丘1丁目30番地

昭和大学藤が丘病院臨床病理科

岩 沢 篤 郎

れたものを使用した。

化学的に作成した擬似的酸性水は、2Nの塩酸(HCl)と水酸化ナトリウム(NaOH)(ナカライテスク)を蒸留水で0.02N~0.002Nに希釈後、混和し、次亜塩素酸ナトリウム(ミルトン®, P & G)を一定量添加し、作成した。

### 2. 使用菌株および殺菌効果試験

使用菌株は、*Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Staphylococcus epidermidis* ATCC12228, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853を用い、Müller Hinton brothで37°C一夜培養し使用した。

殺菌効果試験は、前報<sup>2)</sup>と同様に行った。

### 3. 物性値測定法

pH, 酸化還元電位(ORP)は、Model pH 82 パーソナルpHメータ(横河電気)で、pH用電極はKCl補給型複合電極(K9220YC)を、ORPはKCl補給型ORP電極(K9220YL)を使用し測定した。塩素量は、残留塩素測定器(オルトリジ

ン法, 柴田科学器械工業)使用し、オゾン量は、ポケットオゾン計(ハック社, セントラル科学)を使用し、アンブルはインディゴAccuVac 0~0.75mg/lを用い測定した。

## 成 績

### 1. 弱酸性電解水の物性値と殺菌効果

条件を変えて採水し、採水直後および一定期間保存後の弱酸性電解水の物性値と殺菌効果をTable 1に示した。pH 3.26~6.27, ORP 906~1,109mV, 塩素量5~100mg/l, オゾン量0.00~0.24mg/lの物性値を示した。殺菌効果は、pH 3.26, ORP 1,083mV, 塩素量5mg/l, オゾン量0mg/lの場合、*S. aureus*, *S. epidermidis*において混和60秒後まで殺菌されず、増菌が認められた。一方、*P. aeruginosa*においては、この条件下ではすべてに殺菌効果が認められた。

### 2. 強酸性と強アルカリ性電解水混和液の物性値と殺菌効果

オキシライザー®より生成した強酸性電解水と

Table 1 Bactericidal effect of weak acidic electrolyzed water

pH	ORP (mV)	Cl <sub>2</sub> (mg/l)	O <sub>3</sub> (mg/l)	<i>S. aureus</i>				<i>S. epidermidis</i>				<i>P. aeruginosa</i>					
				5	15	30	60	5	15	30	60	5	15	30	60		
				[sec]				[sec]				[sec]					
2.56*	1,147	35		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.27	906	100	0.24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.10	912	100	0.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.92	927	60	0.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.65	924	60	0.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.55	940	80	0.09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.48	942	100	0.19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.86	976	70	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.39	1,004	70	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.22	1,025	60	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.06	1,030	50	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.87	1,045	40	0.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.75	1,037	60	0.13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.60	1,064	40	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.45	1,081	30	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.37	1,071	50	0.14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.36	1,109	40	0.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.32	1,079	30	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.28	1,096	20	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.26	1,083	5	0.00	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-

\* : strong acidic electrolyzed water produced by OXILYZER®

+ : growth - : absence of growth

強アルカリ性電解水を Table 2 に示すような混合比で混和した溶液の物性値と殺菌効果試験結果を示した。

強酸性電解水の物性値は、pH 2.56, ORP 1147 mV, 塩素量35mg/l で、3 菌株とも、混和 5 秒後に殺菌され、増菌しなかった。強アルカリ性電解水の物性値は、pH 11.60, ORP 66mV, 塩素量0.4 mg/l であり、3 菌株とも60秒まで殺菌されなかった。

この両電解水を混和した場合、pH 4.91~6.26 の間において、殺菌効果は菌株による違いが認め

られた。pH 4.00以下であれば、3 菌株とも混和 5 秒後に殺菌されたのに対し、pH 8.39以上では、3 菌株とも混和60秒後においても増殖能を失っていなかった。

3. 強酸と強アルカリ溶液混和時の物性値と殺菌効果試験

0.02N および0.002N の HCl と NaOH 溶液を作成後、次亜塩素酸ナトリウムを10mg/l 添加した場合の物性値と殺菌効果について検討した。

Table 3 に示すように、0.02N の場合、pH 2.04 以下では、*S. aureus*, *S. epidermidis* において殺

Table 2 Bactericidal effect of acidic electrolyzed water mixed with alkaline electrolyzed water

electrolyzed water		pH	ORP (mV)	Cl <sub>2</sub> (mg/l)	<i>S. aureus</i>				<i>S. epidermidis</i>				<i>P. aeruginosa</i>			
acidic water	alkaline water				5	15	30 [sec]	60	5	15	30 [sec]	60	5	15	30 [sec]	60
10:0		2.56	1,147	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9:1		2.68	1,139	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8:2		2.95	1,117	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7:3		3.49	1,072	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		4.00	1,028	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		4.91	965	20	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	±	±
		5.60	923	20	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
6:4		6.26	884	20	+	+	±	±	+	-	-	-	+	+	+	+
5:5		8.39	740	20	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4:6		10.11	596	15	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3:7		10.75	439	10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2:8		11.12	364	5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1:9		11.41	286	2.5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
0:10		11.60	66	0.4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

+ : growth - : absence of growth

Table 3 Bactericidal effect of 0.02N HCl mixed with 0.02N NaOH

0.02N HCl / 0.02N NaOH		pH	ORP (mV)	Cl <sub>2</sub> (mg/l)	<i>S. aureus</i>				<i>S. epidermidis</i>				<i>P. aeruginosa</i>			
0.02N HCl	0.02N NaOH				5	15	30 [sec]	60	5	15	30 [sec]	60	5	15	30 [sec]	60
10:0		1.68	1,136	10	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
9:1		1.77	1,139	10	+	±	-	-	+	±	-	-	-	-	-	-
8:2		1.87	1,139	10	+	±	-	-	+	±	-	-	-	-	-	-
7:3		2.04	1,137	10	+	±	-	-	±	-	-	-	-	-	-	-
6:4		2.30	1,126	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5:5		3.37	1,047	10	+	±	±	±	+	±	±	±	+	±	±	-
4:6		11.45	416	10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3:7		11.82	384	10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2:8		12.03	365	10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1:9		12.17	346	10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
0:10		12.26	338	10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

+ : growth - : absence of growth

Table 4 Bactericidal effect of 0.002N HCl mixed with 0.002N NaOH

0.002N HCl	0.002N NaOH	pH	ORP (mV)	Cl <sub>2</sub> (mg/l)	<i>S. aureus</i>				<i>S. epidermidis</i>				<i>P. aeruginosa</i>				
					5	15	30	60	5	15	30	60	5	15	30	60	
10:0		2.75	1,096	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9:1		2.85	1,088	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8:2		2.96	1,078	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7:3		3.21	1,054	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6:4		3.58	1,029	10	±	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		4.00	993	10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		5.03	901	10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		5.68	866	10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
5:5		6.62	801	10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4:6		10.36	533	10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3:7		10.85	493	10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2:8		11.06	472	10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1:9		11.23	458	10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
0:10		11.34	446	10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

+ : growth - : absence of growth

菌効果の即効性が喪失した。*P. aeruginosa* は、pH 3.37, 1分で殺菌効果を示し、これ以下のpHでは、混和直後で殺菌効果が認められた。

Table 4に示すように、0.002Nの場合には、pH 3.58, ORP 1,029mVの条件下で*S. aureus*の殺菌効果に要する時間に15秒以上*P. aeruginosa*のそれには1分以上を必要とし、それ以下のpHでは、3菌株とも、混和5秒後で殺菌された。逆にそれ以上のpHでは、1分まで殺菌されなかった。

#### 4. 擬似的強酸性水の物性値と殺菌効果

擬似的強酸性水の物性値と殺菌効果をTable 5に示した。塩素量を1~10mg/lになるように次亜塩素酸ナトリウムを添加した擬似的強酸性水は、塩素量5mg/l以上の場合pH 2以下では、*S. aureus*, *S. epidermidis*において殺菌効果が認められず、塩素量2mg/lではpH 3.09で多少の効果が認められたが、この濃度以下では殺菌効果は認められなかった。一方、*P. aeruginosa*においては、pH 2以下であれば塩素量1mg/lでも殺菌効果が認められた。

3菌株すべてに殺菌効果を示し、かつ、塩素量が少ない条件は、pH 2.67~2.80, 塩素量5mg/lの場合であった。

#### 5. 擬似的弱酸性水の物性値と殺菌効果

擬似的弱酸性水の物性値と殺菌効果をTable 6に示した。塩素量20mg/lの場合、*S. aureus*, *S. epidermidis*においてはpH 5.53以上で殺菌効果が一定せず、*P. aeruginosa*においては殺菌に要する時間は1分以上であった。

塩素量30mg/lの場合には、*S. aureus*, *S. epidermidis*において殺菌効果が認められたが、*P. aeruginosa*では15秒以上を要した。塩素量50mg/lの場合で、3菌株に殺菌効果が認められるようになった。3菌株すべてに即効的な殺菌効果が認められる塩素量がより少ない条件は、pH 3.55~6.87の範囲においては、pH 3.76, 塩素量30mg/lの場合であった。

#### 考 察

強酸性電解水は、*in vitro*における殺菌効果が高く、毒性が低いこと、ランニング・コストが安いことから注目を集め、さまざまな分野への応用についての検討が進められ、その成績が集積されつつある<sup>10)~14)</sup>。

我々が検討を行ってきた強酸性電解水の殺菌効果を示す因子は、ESR法, Chemilluminescence法で、活性酸素は、検出されなかったことから、次亜塩素酸を主とする塩素関連物質であることが明確になった<sup>4)</sup>。しかし、他の機種より生成される酸

Table 5 Bactericidal effect on various pH, ORP, chloride of chemical acid NaOCl solution (below pH3.2)

pH	ORP (mV)	Cl <sub>2</sub> (mg/l)	<i>S. aureus</i>				<i>S. epidermidis</i>				<i>P. aeruginosa</i>			
			5	15	30 [sec]	60	5	15	30 [sec]	60	5	15	30 [sec]	60
2.56*	1,147	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.72	1,100	1	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
1.98	1,106	1	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
2.63	1,055	1	+	+	+	+	+	+	+	+	±	±	±	-
2.79	1,047	1	+	+	+	+	+	+	+	+	±	±	±	±
2.91	1,037	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3.09	1,022	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1.73	1,116	2	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
1.99	1,117	2	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
2.66	1,063	2	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
2.80	1,054	2	+	+	+	+	+	+	+	+	±	-	-	-
2.91	1,041	2	+	±	±	±	+	+	+	+	+	+	+	±
3.09	1,027	2	±	±	-	-	±	±	±	±	+	+	+	+
1.71	1,129	5	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
1.98	1,131	5	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
2.65	1,079	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.80	1,069	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.93	1,058	5	-	-	-	-	-	-	-	-	±	±	±	-
3.11	1,041	5	-	-	-	-	-	-	-	-	+	±	±	-
1.73	1,139	8	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
1.99	1,138	8	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-
2.70	1,087	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.81	1,080	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.95	1,068	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.14	1,051	8	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
1.71	1,140	10	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
1.98	1,140	10	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
2.71	1,093	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.82	1,085	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.98	1,074	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.19	1,055	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

\* : strong acidic electrolyzed water produced by OXILYZER®

\* + : growth - : absence of growth

性電解水は、オゾン<sup>15)</sup>やヒドロキシラジカルが検出される<sup>16)</sup>ことが報告されている。従って、次亜塩素酸あるいは塩素と酸素系の酸化力を有する物質が強酸性電解水の本体であると考えられる。

一方、ソフト水、中性水と呼称し、pH 5~6の次亜塩素酸が安定して存在するとされる pH で生成される弱酸性電解水も数社から市販されるようになった。強酸性電解水は、さびないように塩素量を2mg/lに抑えたもの、10, 20, 30~40mg/lのもの

のなどさまざまな機種が出回っている。これらの塩素量は、メーカーにより調節されユーザーが用いている。酸性電解水は、塩素量だけでも20倍以上の範囲にわたる違いがあり、さらにオゾンも含めた活性酸素量にも違いがある<sup>15)</sup>。このように、酸性電解水を生成する機種が異なれば、電気分解の条件も異なることから、これらの成分は異なってくる。また、同一機種であっても、原水とする水道水の含有物質は地域により違い、添加する食塩

Table 6 Bactericidal effect on various pH, ORP, chloride of chemical acid NaOCl solution (pH3~7)

pH	ORP (mV)	Cl <sub>2</sub> (mg/l)	<i>S. aureus</i>				<i>S. epidermidis</i>				<i>P. aeruginosa</i>			
			5	15	30 [sec]	60	5	15	30 [sec]	60	5	15	30 [sec]	60
3.55	1,045	20	-	-	-	-	-	-	-	-	±	±	±	-
3.73	1,036	20	-	-	-	-	-	-	-	-	±	±	-	-
3.89	1,024	20	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-
4.23	1,000	20	-	-	-	-	±	-	-	-	+	+	+	±
5.27	925	20	±	±	±	±	+	±	±	±	+	+	+	-
6.35	858	20	+	±	±	±	+	±	±	±	+	+	+	-
3.75	1,051	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.87	1,040	30	-	-	-	-	-	-	-	-	±	-	-	-
4.19	1,018	30	-	-	-	-	-	-	-	-	±	-	-	-
4.96	953	30	-	-	-	-	-	-	-	-	±	-	-	-
6.18	879	30	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
6.83	848	30	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
3.69	1,077	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.83	1,067	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.06	1,049	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.81	993	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.92	921	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.57	886	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

+ : growth - : absence of growth

の量が異なれば、酸性電解水は微妙に成分が異なるものが生成される。これらの問題の解決には、必要最低限の物性値、特に塩素量を明らかにする必要がある。まず、本検討では塩素による殺菌を中心に、pH と塩素量の必要域値を明確にすることを目的とした。

今回の検討では、*S. aureus*, *S. epidermidis*, *P. aeruginosa* の3株を用い殺菌効果を検討したが、塩素・オゾン量がある程度以上の量を有していれば、即効的な殺菌効果を示した (Table 1)。しかし、強酸性電解水と強アルカリ性電解水を混和した場合 (Table 2), HCl と NaOH 溶液を混和した場合 (Table 3, 4) で、弱酸性電解水の pH 領域での殺菌効果は、*S. aureus*, *S. epidermidis* はある程度の塩素量を有していれば殺菌可能であった。*P. aeruginosa* の場合は、塩素量より低 pH が殺菌効果に影響を与えた。今後、他の微生物を用い、より詳細な pH と塩素量による殺菌効果の検討により、酸性電解水の幅広い抗菌スペクトルの解析が可能と考えられた。

弱酸性電解水は、隔膜のない状態で電気分解後

水道水と混合し生成される。強酸性電解水は、隔膜を介し酸性側とアルカリ側とに別け生成される。したがって、強酸性電解水と強アルカリ性電解水を混和すれば、弱酸性電解水に近似したものができると考えられる。両者の混和液による殺菌効果は、弱酸性電解水の pH 領域 (pH 5~6) では菌株による差が認められた (Table 2)。また、擬似的弱酸性水を作成した検討 (Table 6) で、塩素量の増加にともない、殺菌効果が即効的になり、50mg/l で3菌株に効果が認められた。Hotta らは、バッチ式の電解装置を用い、20mM の NaCl をミリ Q 水に溶解し、酸性電解水とアルカリ性電解水を作成、*Streptomyces* 菌に対する効果を検討した<sup>17)</sup>。酸性電解水とアルカリ性電解水を1:1で混和しても酸性電解水より弱いが生育を阻害することを示し、我々の検討と同様な結果を示した。また、物性値においても、擬似的弱酸性水の検討 (Table 6) より、pH と塩素量の混合比を変えることにより ORP 値が調整され、実際の弱酸性電解水の物性値と近似していた。

強酸性電解水は、擬似的強酸性水の検討 (Table

3) より、pH 2以下であると *S. aureus*, *S. epidermidis* で即効的な殺菌効果が消失した。また、塩素量に関しては、より少ない塩素量で3菌株が殺菌できたのは、pH 2.67~2.80で5mg/lであった。したがって、強酸性電解水は、pH 2.7前後であれば少量の塩素で殺菌でき有効であると考えられた。

擬似的酸性水の物性値推移の検討結果は、今回データを示さなかったが、pH 2以下と3以上では大きく異なっていた。pH 2以下における開放放置は、塩素の放出が激しく6時間後に半減した。一方、pH 3以上では6時間後でも塩素の放出はなく、pH 2.7程度では6時間後で80%の塩素量が保持されていた。

われわれの今回得られた成績から、塩素量とpHで酸性電解水の応用面を考えると、少量の塩素での殺菌が要求される場合には生成直後にpH 2.7程度の強酸性電解水を、安定した殺菌力を望む環境清掃などに対しては弱酸性電解水を使い分けが推奨されると考えられた。

大久保らは、強酸性電解水は、環境中に塩素ガスを発生するので換気が必要であるとしている<sup>18)</sup>。pH 3以下では放出塩素量が多い今回の検討結果からもこのことは十分に考えられた。さらに、オゾンの放出は刺激臭として感じられる。したがって、解決の一法はpHを低くしないことで、pH 2.7前後に限定すべきである。その結果、より少量の塩素量で殺菌できる強酸性電解水の利点が強調できると考えられた。

弱酸性電解水では、pH 3以上であるため放出塩素量が少なく安定した状態で使用できるが、50 mg/l以上の塩素量が即効的な殺菌には必要であった。モップや噴霧器を用いた環境清掃の場合には、機器使用による塩素量の消失<sup>19)</sup>を考慮にいられても使用時に50mg/l以上の塩素量があれば、即効的な殺菌効果が期待できるものと考えられた。

現在、酸性電解水は、生成される塩素・オゾン量はメーカー依存である。ユーザーは塩素量、オゾンの有無などほとんど知らずに使用しているのが現状である。今後は、使用する場に適した塩素・

オゾン量を生成することができるようにするなどの改良、使用時に適した塩素・オゾン量になっているかどうかのチェック方法の確立、さびないように改良した各種機器の開発などが望まれた。さらに、酸性電解水がより有効に使用可能となるためには、酸性電解水で未解決なオゾンを含めた活性酸素・溶存酸素量の存在意味を基礎的、臨床的に明確にする必要がある。

#### 文 献

- 1) 岩沢篤郎, 中村良子, 岡田 淳, 水野徳次: アクア酸化水の抗ウイルス効果. 臨床と微生物 1993; 20: 231-236.
- 2) 岩沢篤郎, 中村良子, 水野徳次: 臨床分離株に対するアクア酸化水の効果. 日本環境感染学会誌 1993; 8 (2): 11-16.
- 3) 岩沢篤郎, 中村良子: アクア酸化水の抗微生物効果 I—エンテロウイルス, 抗酸菌, 真菌に対する効果. 臨床と微生物 1993; 20: 469-473.
- 4) 岩沢篤郎, 中村良子, 中村國衛, 村井哲也: アクア酸化水の殺菌効果に対する検討. 薬理と臨床 1993; 3: 1555-1562.
- 5) 岩沢篤郎, 中村良子: アクア酸化水の抗微生物効果 II—他消毒薬との併用効果—. 日本環境感染学会誌 1994; 9 (1): 7-12.
- 6) 岩沢篤郎, 中村良子: アクア酸化水の培養細胞に対する影響. 日本環境感染学会誌 1994; 9 (3): 12-18.
- 7) 岩沢篤郎, 中村良子: 病院感染防止におけるアクア酸化水の有用性. 防菌防黴 1995; 23: 166-168.
- 8) 岩沢篤郎, 中村良子: 強酸性電解水の抗微生物効果 (III)—電子顕微鏡的観察—. 日本環境感染学会誌 1995; 10 (1): 53-57.
- 9) 濱三知雄, 水野徳次: 電解電極液の酸化性物質について. 緒方医学化学研究所報告, 平成4年度, 1992; 29-38.
- 10) 大久保憲, 親太喜治, 小林寛伊, 他: 電解酸性水に関する調査報告. 日本手術医学会誌 1994; 15: 508-520.
- 11) 芝 輝彦, 芝紀代子: 強電解水ハンドブック. 医学情報社, 東京, 1995.
- 12) 奥田禮一, 柏田聡明: 消毒の最前線 Part 2 酸化電位水のQ&A. デンタルダイヤモンド社, 東京, 1995.
- 13) 機能水研究振興財団: 機能水シンポジウム'94. プログラム・予稿集, 1994.
- 14) 機能水研究振興財団: 機能水シンポジウム'95. 京都大会, 予稿集, 1995.
- 15) 岩沢篤郎, 中村良子: 酸性電解水の殺菌効果と使用法の検討. 日本環境感染学会誌 投稿中.
- 16) 米森重明, 三宅晴久: 電子スピン共鳴(ESR)法に

- よる酸性電解水中のフリーラジカルの解析. 機能水シンポジウム'95. 京都大会「予稿集」, 1995; 28-29.
- 17) Hotta K, Kawaguchi K, Saitoh F *et al.*: Antimicrobial activity of electrolyzed NaCl solutions: Effect on the growth of streptomyces spp. *Actinomycetol* 1994; 8: 51-56.
- 18) 大久保 憲, 犬塚和久, 河合浩樹: 電解酸性水の新しい知見. *感染と消毒* 1995; 2 (2): 66-71.

Bactericidal Effect of Acidic Electrolyzed Water —Comparison of Chemical Acidic Sodium Hydrochloride (NaOCl) Solution—

Atsuo IWASAWA & Yoshiko NAKAMURA

Department of Clinical Pathology, Showa University Fujigaoka Hospital, Kanagawa

Acidic electrolyzed water is made recently by various kinds of machines and is widely utilized. In this study, we intended to clarify the relationship between the concentration of chloride and pH in the bactericidal effects with acidic electrolyzed water. The effects of weak or strong acidic electrolyzed water were compared with a pseudo-acidic water of pH adjusted by diluted hydrochloric acid and sodium hydroxide, on *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis* and *Pseudomonas aeruginosa*. At pH 5.0~6.0, 3 bacterial strains were killed soon after being exposed to the acidic water containing chloride 50 mg/liter, and the amount of chloride did not change after allowing to stand open for 6 hours. At pH 2.67~2.80, the bactericidal effects was observed at the concentration of chloride 5 mg/liter, and 80% of chloride remained after allowing to stand for 6 hours. These results indicated that newly made strong acidic water is more effective under a smaller amount of chloride at pH 2.7, and that weak acidic electrolyzed water should be used, if stable bactericidal effect is expected in cleaning the surroundings.