

【原著・基礎】

厨房内の消毒における電解水の有用性

佐藤 久聡¹⁾・前原 信敏¹⁾・井川 房欣²⁾・斎藤 洋介³⁾
阿知波信夫³⁾・松井 英則⁴⁾・小宮山寛機⁴⁾

¹⁾北里大学獣医学部獣医微生物学教室, ²⁾日本食品分析センター,

³⁾ホシザキ電機株式会社, ⁴⁾(社)北里研究所*

(平成 12 年 5 月 1 日受付・平成 12 年 7 月 26 日受理)

水道水に少量の食塩を添加後隔膜を介して電気分解し陽極側から生成された強酸性電解水(酸性水)は薬剤耐性菌を含めた種々の微生物に対して優れた殺菌効果を示す。また陰極側から生成される強アルカリ性電解水(アルカリ水)は器物に付着した有機物を除去する効果が期待されている。一方、厨房内の機器に付着した細菌は食中毒の一因にもなっており有効な洗浄・消毒剤が望まれている。そこで、食中毒防止のため、われわれは厨房内の器物に対する電解水を用いた有効な消毒方法について検討した。はじめにタイル、ステンレスおよびガーゼ小片に 0.1% のスキムミルクとともに付着した *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* および *Salmonella typhimurium* に対する電解水の殺菌効果を調べた。これらの細菌は次亜塩素酸ナトリウム液(次亜水)および酸性水での消毒により 10^8 個以上の細菌数が $10^1 \sim 0$ に減少した。ただし、1% のスキムミルクとともに付着した細菌については、次亜水および酸性水での消毒後にも生残していた($10^2 \sim 10^1$ 個)。しかし、アルカリ水での洗浄後に酸性水で消毒したところ $10^1 \sim 0$ 個に減少した。次いで市中のスーパーマーケット厨房内の汚染された器物(たとえば、皿板、長靴、包丁など)を対象にしてアルカリ水での洗浄後に酸性水で消毒した。汚染菌は上記の処置により水道水での洗浄後に次亜水で消毒する従来の方法と比較し、ほぼ同等の効果ないしは対象によっては優れた効果が認められた。したがって、有機物の混入が多い厨房の除菌には、水道水感覚で利用できる電解水(強酸性電解水、強アルカリ性電解水)がきわめて有効な方法であると考えられる。

Key words: 電解水, 消毒, 厨房, electrolyzed water

水に少量の食塩を添加後隔膜を介して電気分解し陽極側から生成された強酸性電解水(以下酸性水)は薬剤耐性菌を含めた種々の微生物に対して優れた殺菌効果を示し¹⁻⁸⁾、安全性も比較的高いことから⁹⁻¹²⁾、医療¹³⁻¹⁶⁾、獣医療^{17,18)}、歯科^{19,20)}、食品²¹⁻²⁵⁾、農業^{26,27)} などさまざまな領域で消毒剤として使用されている。殺菌活性の本体は主として酸性水中に含まれる次亜塩素酸と考えられており²⁸⁾、速効性であるが有機物の混在によりその殺菌効果が著しく低下する。一方、陰極側から生成されるアルカリ性電解水(以下アルカリ水)は pH が約 11 とアルカリ度が高いため、施設、器具に付着した有機物の除去に期待されている。従来食中毒予防のために種々の消毒剤が使用されてきたが²⁹⁾、食品および厨房の消毒に利用できるよう安全で有効な製剤が求められている。

一般に厨房の壁面、シンク、布巾などに有機物とともに細菌が付着・増殖しており、細菌性食中毒の誘因となっていることから、食中毒の予防にあたっては厨房内の器物から細菌を排除する必要がある。そこで、本研究では食中毒の予防のため、厨房を対象として、酸性水およびアルカリ水の消毒効果について検討した。はじめにアルカリ水で洗浄した後に酸性水を用いて消毒するという方法を用いて実験室規模で基礎

的に有効性を判定し、次いで食料品を扱っている小売業の厨房を使用して有効性を調べたので報告する。

I. 材料および方法

1. 使用電解水

電解水生成装置(ホシザキ電機株式会社, ROX-20 TA)から生成されたアルカリ水(pH 11.5, 酸化還元電位 -820 mV)および酸性水(pH 2.6~2.7, 酸化還元電位 1,100 mV, 有効塩素濃度 36~40 mg/L)を試験に供した。対照消毒剤として、有効塩素濃度を 100 mg/L に調製した次亜塩素酸ナトリウム(鶴見曹達株式会社)水溶液(次亜水)を使用した。なお、いずれの液も使用直前に生成した。

2. 実験室内での消毒試験

1) 試験菌株

Staphylococcus aureus 209 P JC-1 株, *Escherichia coli* NIHJ JC-2 株, *Salmonella typhimurium* ATCC 13311 株を用いた。

2) 付着素材と菌液調整

細菌を付着させる素材として、ステンレス小片(30×30×0.5 mm)、タイル小片(30×30×5 mm)ならびにガ

*東京都港区白金 5-9-1

ーゼ (30×30×1 mm, 4枚重ね) を用いた。なお、これらの器物のうち、ステンレスとタイルはガラスシャーレに入れて乾熱滅菌し、ガーゼはガラスシャーレに入れて高圧蒸気滅菌した後に試験に供した。

菌液の調製ならびに菌の素材への付着方法は、2価の陽イオンを除いたダルベッコの燐酸緩衝食塩液 (PBS, pH 7.2) にウシ胎子血清 (FCS), ゼラチン (GEL) およびスキムミルク (SM) を 0.1% もしくは 1% 加えた溶液に 3 種の菌を 1×10^6 CFU/mL になるように浮遊させた後、同緩衝液で希釈し、5 濃度の菌液を調製した ($5 \times 10^4 \sim 5 \times 10^6$ CFU/mL)。次いで、上記の各素材 (ステンレス, タイル, ガーゼ) を 20 mL の菌液中に室温で 30 分間放置後に液から出して乾燥させ、使用直前まで放置した。

3) 消毒試験法

菌を付着させた各素材について 5 通りの方法で消毒試験を実施した。すなわち、処理 1 は精製水のみで洗浄、処理 2 はアルカリ水のみで洗浄、処理 3 は次亜水のみで洗浄、処理 4 は酸性水のみで洗浄、処理 5 はアルカリ水、精製水、酸性水の順に洗浄した。なお、いずれの処理もピペットを使用して素材表面を 10 mL の液体で 10～15 秒間洗い流した。ただし、ガーゼは 10 mL の液体中に 10～15 秒間浸漬し、軽く振盪した。消毒試験は 3 回繰り返した。

生菌数の測定は 1～5 の処理後、各素材を滅菌シャーレに移し、ただちに寒天 (日水, 9 cm シャーレ) 表面にスタンプ後、37℃, 24 時間培養し、コロニー数から各素材あたりの生菌数を算定した。なお、コロニーが融合して測定できなかった場合にはコロニー数を $>1,000$ とした。3 回の実験で得られたそれぞれの処理後のコロニー数の平均値を求め、未処理もしくは精製水で洗浄した後のコロニー数と比較することにより消毒効果を判定した。

3. フィールドでの除菌試験

愛知県豊橋市内の一般的なスーパーマーケット 1 施設の鮮魚ならびに惣菜部門の厨房を対象にして、酸性水とアルカリ水による消毒効果を次亜水を用いた従来の方法と比較した。

1) 生菌数測定

微生物検出法として拭き取り検査を以下のように実施した³⁰⁾。すなわち、施設の壁、床および器具などの表面 100 cm² を拭き取ったガーゼ (10×10 cm を 3×3 cm に折り畳む) をポリソルベート 80 を 0.05% 含む PBS 10 mL と激しく振とうし細菌を洗い出した (布巾の場合は 10×10 cm を洗液 100 mL で洗い出した)。洗浄液を段階的に希釈しそれぞれを標準寒天平板 (日水) 0.1 mL 塗抹後、35℃, 24 時間培養し、生じたコロニー数から一般細菌数を算定した。大腸菌群の場合は洗液 1 mL をデソキシコレート寒天培地 (日水) 15 mL と混釈培養

し 24 時間培養した。培養後生じた暗赤色コロニーを算定し検体単位あたりの細菌数を求めた。

2) 厨房内の器具に対する消毒試験

従来の洗浄法との比較のために厨房内全体のさまざまな箇所 (エプロン, 床, 冷蔵庫取っ手, 長靴, アルミバット, ラックなど) において、作業前, 作業中, 作業後の検体表面を上記方法に準じ拭き取り、一般細菌数と大腸菌群数を測定した。洗浄方法は従来の手順で以下のように行った。すなわち、作業後に水道水で洗い流し、中性洗剤でブラッシング後、水道水ですすいだ。電解水による洗浄・消毒は上記の水道水と洗剤の部分を酸性水とアルカリ水に換えて実施した。なお、電解水の使用量は水道水と同量とした。これらの洗浄・消毒操作は同一人物が従来の方法通りに実施した。なお、洗浄液量と時間は 10 L/m² で 60 秒間洗浄した。

3) 調理工程に対する消毒試験

魚をおろす工程中の汚染細菌に対する消毒効果を調べた。すなわち、アジ 8 匹を 3 枚におろす工程において、作業前, 作業中, 作業後の検体表面 (布巾, 俎板, 包丁, 手指) 100 cm² (ただし、包丁は全体, 手指は片掌全体) を拭き取り、一般細菌数と大腸菌群数を測定した。洗浄方法は次亜水および電解水を用いる場合も従来のマニュアルにしたがって行った。すなわち、作業中は水道水とタワシによる洗浄を行い、作業後は水道水で洗浄後次亜水で消毒した。電解水についてはまずアルカリ水とタワシによる洗浄を行い次いで水道水で洗浄後酸性水を用いた。包丁およびまな板は 5 L 各種水を用いて消毒したたわしで 30 秒, 布巾は 1.7 L で 10 秒もみ洗いした。なお、これらの洗浄・除菌操作は同一人物が従来の方法通りに実施した。

II. 結 果

1. 実験室内での消毒試験

0.1% あるいは 1% SM 添加 PBS に浮遊させた菌をステンレス小片, タイル小片ならびにガーゼに付着させて電解水で消毒しその効果を調べた。その結果, 0.1% SM 加 PBS で調製した菌液を付着させた素材の消毒試験では、いずれの菌種も精製水およびアルカリ水単独処理に比較して次亜水および酸性水単独処理で高い消毒効果が認められた (Table 1)。また、アルカリ水処理後に精製水と酸性水で処理した場合生菌数は 0～数個に減少した。それぞれの処理後の生菌数の推移を比較すると、タイル付着菌の排除がされにくかった。

1% SM 加 PBS で調製した菌液を付着させた素材の消毒試験では、0.1% SM 加 PBS を用いた場合に比べ生菌数が著しく増加した (Table 2)。しかし、アルカリ水処理後に精製水と酸性水で処理した場合の生菌数は 0～30 個程度であり、比較的高い消毒効果が認められた。次亜水および酸性水単独処理は、SM 添加量 0.1% の場合にはアルカリ水処理後に精製水と酸性水で処理した群

Table 1. Electrolyzed alkaline and acidic water disinfection in PBS supplemented with 0.1% skim milk

Bacteria	Material	CFU/material					
		non treated	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5
<i>E. coli</i> NIHJ JC-2	stainless steel	>1,000	>1,000	198.0	9.0	1.0	0
	ceramic tile	>1,000	>1,000	478.3	11.7	12.0	3.7
	gauze	>1,000	>1,000	>1,000	1.3	0	0
<i>S. typhimurium</i> ATCC 13311	stainless steel	>1,000	>1,000	208.3	8.7	1.0	0
	ceramic tile	>1,000	>1,000	586.7	14.7	9.0	1.3
	gauze	>1,000	>1,000	>1,000	0.3	0	0
<i>S. aureus</i> 209 JC-1	stainless steel	>1,000	>1,000	138.7	12.7	1.0	0
	ceramic tile	>1,000	>1,000	856.7	25.7	15.0	3.0
	gauze	>1,000	>1,000	>1,000	0.7	0	0

Electrolyzed acidic water (pH 2.5–2.7, 40 ppm of dissolved chlorine). Electrolyzed alkaline water (pH 11.5). CFU: colony-forming units. The test material was soaked in bacteria (1×10^6 CFU/mL) suspended in phosphate-buffered saline (pH 7.0) supplemented with 0.1% skim milk for 20 min. After removal, the material was gently washed with 10 mL of each type of water for 10–15 s. Treatment: T 1: washed with distilled water; T 2: washed with alkaline water; T 3: washed with sodium hypochlorite (100 ppm of dissolved chlorine); T 4: washed with acidic water; T 5: washed with alkaline water, distilled water, and acidic water. Data are presented as the mean of three experiments with triplicate determinations ($n = 3$).

Table 2. Electrolyzed alkaline and acidic water disinfection in PBS supplemented with 1% skim milk

Bacteria	Material	CFU/material					
		non treated	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5
<i>E. coli</i> NIHJ JC-2	stainless steel	>1,000	>1,000	>1,000	28.7	19.0	2.7
	ceramic tile	>1,000	>1,000	>1,000	200.0	179.7	24.7
	gauze	>1,000	>1,000	>1,000	18.0	12.7	0
<i>S. typhimurium</i> ATCC 13311	stainless steel	>1,000	>1,000	>1,000	30.7	40.7	2.0
	ceramic tile	>1,000	>1,000	>1,000	193.3	168.7	31.0
	gauze	>1,000	>1,000	>1,000	28.7	41.0	0
<i>S. aureus</i> 209 P JC-1	stainless steel	>1,000	>1,000	>1,000	66.3	69.7	0
	ceramic tile	>1,000	>1,000	>1,000	194.7	217.0	7.7
	gauze	>1,000	>1,000	>1,000	23.3	29.0	0

Electrolyzed acidic water (pH 2.5–2.7, 40 ppm of dissolved chlorine). Electrolyzed alkaline water (pH 11.5). CFU: colony-forming units. The test material was soaked in bacteria (1×10^6 CFU/mL) suspended in phosphate-buffered saline (pH 7.0) supplemented with 0.1% skim milk for 20 min. After removal, the material was gently washed with 10 mL of each type of water for 10–15 s. Treatment: T 1: washed with distilled water; T 2: washed with alkaline water; T 3: washed with sodium hypochlorite (100 ppm of dissolved chlorine); T 4: washed with acidic water; T 5: washed with alkaline water, distilled water, and acidic water. Data are presented as the mean of three experiments with triplicate determinations ($n = 3$).

と同程度の消毒効果を示したが、添加量を1%に増加させると、除菌効果は著しく減少した。

2. フィールドでの除菌試験

各施設および器具の消毒試験（試験1）では、Table 3に示したように、従来の水道水を用いる処理方法では相当数の細菌が残存していたがアルカリ水および酸性水で処理することにより菌数が減少した。また、Table 4に示したように、床・長靴にわずかに見られた大腸菌群はアルカリ水および酸性水で処理することにより10個以下となった。

調理工程中の除菌試験（試験2）では、Table 5に示したように、アルカリ水および酸性水で処理することにより水道水洗浄後に次亜水で消毒した場合よりも少ない菌数（解体用組板、手指）かやや多い菌数（解体用包丁柄、刺身用包丁柄および刃）の残存がみられた。一般に、

これら2つの処理法の間には大きな差はみられなかった。また、Table 6に示したように、大腸菌群は水道水での洗浄後にほぼみられなくなったため、2つの処理法間での差をみることはできなかった。

III. 考 察

食品関連分野ではすでに大規模な電解水の装置が稼働しており、これら施設は年々増加している。しかし、厨房関連分野における電解水の消毒効果については、基礎的な応用的研究が非常に少なく、現場における有効性を評価する体系的なデータがほとんど存在しないのが現状である。そこで、われわれは厨房における電解水消毒の有効性に関する基礎的および応用的研究を実施した。

消毒試験にさきだち、*S. typhimurium* ATCC 13311を用いて素材への菌付着のための最適菌液濃度を検討し

Table 3. Number of bacteria recovered after washing and disinfection with water or electrolyzed alkaline and acidic water

Material	Log CFU/100 cm ²		
	before	after	
		tap water	electrolyzed water
Floor (fish handling area)	6.32	5.92	4.36
Floor (cooking area)	4.04	5.15	2.85
Wall	5.04	2.30	2.54
Shelf	5.95	2.52	3.57
Rack	3.15	3.08	<1.00
Measuring rack	3.83	2.00	<1.00
Aluminum container	5.57	6.11	4.15
Sushi robot	2.11	2.32	1.48
Apron	4.93	3.60	3.23
Handle of refrigerator door ¹⁾	4.00	4.56	2.28
Rubber boot ²⁾	6.96	5.30	2.98
Handle of cold table ¹⁾	3.04	2.85	2.23

¹⁾log₁₀ CFU/material. ²⁾log₁₀ CFU/25 cm². CFU: colony-forming units. Each material was washed with tap water or electrolyzed water (alkaline and acidic water) based on daily cleaning using tap water at a public market in Toyohashi City. The CFU of bacteria was determined by Udagawa surface-wiping²⁰⁾. Data are presented as the mean of three experiments with triplicate determinations (n=3).

Table 4. Number of coliform recovered from materials in the kitchen after washing and disinfection with water or electrolyzed alkaline and acidic water

Material	Log CFU/100 cm ²		
	before	after	
		tap water	electrolyzed water
Floor (fish handling area)	<1.00	<1.00	<1.00
Floor (cooking area)	1.48	2.00	<1.00
Wall	1.78	<1.00	<1.00
Shelf	<1.00	<1.00	<1.00
Rack	<1.00	<1.00	<1.00
Measuring rack	<1.00	<1.00	<1.00
Aluminum container	<1.00	<1.00	<1.00
Sushi robot	<1.00	<1.00	<1.00
Apron	<1.00	<1.00	<1.00
Handle of refrigerator door ¹⁾	<1.00	<1.00	<1.00
Rubber boot ²⁾	3.28	1.00	<1.00
Handle of cold table ¹⁾	<1.00	<1.00	<1.00

¹⁾log₁₀ CFU/material. ²⁾log₁₀ CFU/25 cm². CFU: colony-forming units. Procedure: See Table 3. Data are presented as the mean of three experiments with triplicate determinations (n=3).

Table 5. Number of bacteria recovered from materials at each work step

Material	Log CFU/100 cm ²					
	before	during	washing during work		after disinfection	
			tap water	EW	SH	EW
Cutting board ¹⁾	<1.00	5.15	4.82	<1.00	3.48	1.70
Cutting board ²⁾	<1.00	3.40	3.58	1.30	1.48	1.48
Handle of knife ^{1)*}	2.28	4.45	5.15	3.79	1.95	3.56
Cutting edge ^{1)*}	1.00	4.53	5.0	<1.00	1	<1.00
Handle of knife ^{2)*}	2.88	3.23	2.63	3.41	3.04	3.96
Cutting edge ^{2)*}	2.41	2.58	3.26	2.52	2.56	3.30
Hand ^{1)*}	4.75	3.65	4.75	2.83	4.68	2.45
Hand ^{2)*}	4.04	3.18	2.72	<1.00	3.30	<1.00
Dish towel	4.92	3.56	ND	<2.00	2.30	<2.00

¹⁾For cutting whole fish. ²⁾For slicing fish meat (sashimi). ^{*)}log₁₀ CFU/material. ^{*)}log₁₀ CFU/hand. CFU: colony-forming units; ND: not done; EW: electrolyzed water; SH: solution of sodium hypochlorite (100 ppm of residual chlorine). Procedure: Materials were washed with tap water or electrolyzed water as in usual daily cleaning. Data are presented as the mean of three experiments with triplicate determinations (n=3).

た。精製水のみによる洗浄により3種類の素材への付着菌数が1,000以下となった場合、電解水と他の薬液の消毒効果を比較する際にその差が不明瞭となるために条件を検討した。その結果、使用菌液濃度を1×10⁶CFU/mL以上用いると菌付着数は1,000以上素材に保持されることから、この濃度を用いることとした。

次に、細菌の素材への付着効率を評価するため、基礎緩衝液であるPBSに有機物としてSM、GELあるいはFCSを0.1%になるように加えた液で菌液を調製し、精製水10 mLで1回洗浄した後の生菌数を求めた。その結果、いずれの緩衝液を用いた場合にも洗浄後の生菌

数は1,000以上保たれていたため、有機物としてSMを使用することにした。

素材に付着した細菌の物理的洗浄による影響を調べるため、精製水で1~3回洗浄した後の生菌数を求めた。いずれの素材に付着した菌も精製水での洗浄回数には影響されず、いずれも1,000以上であった。以後の試験において、処理1~4(精製水での洗浄、アルカリ水での洗浄、次亜水での洗浄、酸性水での洗浄)は1回の洗浄操作、処理5(アルカリ水での洗浄後に精製水で洗浄し、最後に酸性水で洗浄する方法)は3回の洗浄操作となるが、精製水での繰り返し洗浄による付着菌数の低

Table 6. Number of coliform recovered from materials at each work step

Material	Log CFU/100 cm ²					
	before	during	washing during work		after disinfection	
			tap water	EW	SH	EW
Cutting board ¹⁾	<1.00	1.95	1.48	<1.00	<1.00	<1.00
Cutting board ²⁾	<1.00	1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Handle of knife ¹⁾	<1.00	1.90	2.60	3.30	<1.00	<1.00
Cutting edge ¹⁾ *	<1.00	2.59	2.20	<1.00	<1.00	<1.00
Handle of knife ²⁾ *	<1.00	1.00	<1.00	<1.00	<1.00	3.15
Cutting edge ²⁾ *	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	1.80
Hand ¹⁾ *	<1.00	1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Hand ²⁾ *	1.30	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Dish towel	<2.00	<2.00	ND	<2.00	<2.00	<2.00

¹⁾For cutting whole fish. ²⁾For slicing fish meat (sashimi). *log₁₀ CFU/material. †log₁₀ CFU/hand. CFU: colony-forming units; ND: not done; EW: electrolyzed water; SH: solution of sodium hypochlorite (100 ppm of residual chlorine). Procedure: See Table 5. Data are presented as the mean of three experiments with triplicate determinations (n = 3).

下がみられなかったことから、各処理後の生菌数の相違は物理的洗浄効果によるものではなく、各薬剤の化学的洗浄効果、殺菌効果に起因すると判定した。以上の条件設定の後、本試験を実施した。

まず、器物に対する電解水の消毒効果を比較検討するため、壁材の代表としてタイルを、シンクの素材としてステンレスを、布巾の代わりにガーゼを用い、これらの表面に付着した細菌に対する電解水の消毒効果を比較検討した。水洗のみでは菌数の減少はほとんどみられなかったが、アルカリ水を用いると洗浄後に菌数がやや減少した。これは菌とともに付着している有機物がアルカリ水により溶解し、洗い流されたためと考えられる。ただし、添加する有機物を10倍に増量すると効果はみられなくなった。なお、精製水による数回の洗浄操作によっては器物に付着した菌数の減少はみられなかったが、これにアルカリ水による洗浄と酸性水による消毒を加えると強い消毒効果がみられた。以上の結果は、アルカリ水—精製水—酸性水処理による消毒効果が洗浄を3回繰り返すことによる物理的な洗浄効果でなく、アルカリ水により有機物が分解された後に精製水で洗浄することにより大部分の付着菌が表面に露出し、その後の酸性水処理により殺菌されたことを示唆している。

有機物を0.1%添加した実験では、アルカリ水—精製水—酸性水処理後の生菌数と酸性水単独処理後および次亜水単独処理後の生菌数の間に大きな差は認められなかった。しかし、有機物添加量を1% (10倍) に増量すると、0.1%に比べて酸性水単独処理および次亜水単独処理では生菌数が著しく増加したが、アルカリ水—精製水—酸性水処理では生菌数の変化はほとんど認められなかった。したがって、これらの器物の洗浄・消毒にはアルカリ水—精製水—酸性水処理がもっとも効果的であると考えられた。従来法ではガーゼ、ステンレスに比べて凹凸があるタイルに付着した菌を排除することが難しい

が、電解水で処理することにより比較的容易に排除できた。しかし、タイルのような凹凸のある素材の洗浄・消毒にはブラッシングを併用し、有機物を十分に除去することがより望ましいと思われる。

次亜水の有効塩素濃度はガイドラインでは器物に対する消毒濃度は通常100 mg/L以上を用いるので今回の試験では100 mg/Lを用いた。一方、酸性水の有効塩素濃度は30~40 mg/Lである。酸性水のpHは約2.5~2.7であり、このpHでは化学種として次亜塩素酸が多く、次亜水のpHは約弱アルカリ性であり次亜塩素酸は比較的少ない。次亜塩素酸は殺菌作用が強くこれが酸性水の有効塩素濃度が低くても次亜水と同等もしくはそれ以上の効果を示すと考えられる。

フィールドテストにおいては対象とする施設、対象物、洗浄方法の設定が重要である。本研究では市中一般にみられるスーパーの生鮮食料品を扱っている厨房を試験対象に選んだ。また、もっとも細菌汚染に暴露される可能性が高い鮮魚部門の器物を対象とし、日常的に行われている洗浄方法²⁰⁾を用いて電解水の消毒効果を評価した。施設・器材の消毒試験(試験1)では、作業中や作業後の水道水による洗浄では多数の菌が残存していたが、電解水での処理により菌数が1/10~1/1,000に減少した。また、大腸菌は電解水処理後にはほとんどみられなくなった。調理工程中の除菌試験(試験2)では、作業中や作業後の水道水による洗浄では比較的多数の菌が残存していたが、次亜水および電解水処理により有意に消毒することができ、両者の間に大きな差は認められなかった。アルカリ水—精製水—酸性水処理は従来の次亜水を使用する方法と同等の洗浄・消毒効果を示したが、作業性の上では明らかに次亜水を使用する方法に比べて簡便であった。

組板、包丁などは食物の汚染源となっており³¹⁾作業中でも消毒が必要な場合があるが、繁忙期には作業を中断

して除菌することは一般的に困難である。一方、蛇口を回すと電解水が生成される装置では、従来のように水道水感覚で使用することが可能なため、十分量の電解水で対象物を洗浄・消毒し、感染経路を遮断することが容易である。電解水処理による食品の賞味あるいは香りの減退、変質が懸念されるが、食品そのものに直接作用させるのではないため、影響はほとんどないと思われる。短所としては、対象とする器物によっては錆が出やすい(次亜水にも認められる^{9,10)}こと、初期投資(機器の購入、配管費用)および定期点検が必要であることであるが、経済性、作業効率、簡便性、確実性をあわせて考慮すると、電解水による洗浄・消毒は有益な方法であると思われる。本試験は厳冬期(1~2月)に実施したが、夏期であればより効果的な結果が期待できることが考えられる。

これらの施設で汎用されている布巾は一般的には作業終了後次亜水に浸漬させて消毒する場合が多い。データには示していないが、浸漬直後の一般細菌数は2 log 以下であるが、一晚浸漬すると細菌数は約4~5 logであった。これは浸漬中に布巾ならびに付着有機物などによって有効塩素濃度が失われ細菌の増殖が起こったものと考えられる。したがって、布巾は使用直前に消毒することが望ましい。

アルカリ水の主成分は水酸化ナトリウムであるため、厨房での使用の危険性が危惧されるが、アルカリ水中の水酸化ナトリウム濃度はきわめて低く、有機物と反応して容易に中和される。しかも、低濃度の水酸化ナトリウムは食品添加物として認められており⁴²⁾、さらに使用後は水洗・除去されるため、残留の心配はほとんどない。酸性水は細胞および動物を使用した種々の毒性試験では問題点があげられていない。しかも、厨房での使用量は市販の塩素系消毒剤の使用濃度(最低100 mg/L以上)に比べて少なく、有機物との反応により速やかに不活性化されるため残存性はほとんどないので、使用後の廃水処理も問題はない¹⁰⁾。一方、本研究において、酸性水と次亜水はほぼ同等の消毒効果が得られたが、次亜水は現場では少なくとも100 mg/L以上使用されているのに対し、酸性水は30~40 mg/L程度であり、多少の残存があったとしても、人体への影響は次亜水に比べて少ないと思われる。

現在、酸性水の優れた殺菌力の食品消毒への応用が期待されており、すでに米国では認可されているが日本では食品添加物規制問題で認可されてはいない。しかし、わが国では厨房施設の消毒を目的に導入されはじめた。厨房施設および機器は有機物が付着しておりこれらを除去しないと、酸性水は十分殺菌効果を発揮できないので、通常洗剤によるブラッシングで有機物を除いた後酸性水で消毒を行っている。一方、酸性水の反対側の電極から生成されるアルカリ水は有機物を溶解し容易に除去

することができることから、アルカリ水を用いたブラッシングと酸性水を組み合わせるとより優れた効果が期待できる。したがって、有機物の混入が多い厨房の消毒には、水道水感覚で使用できる電解水(強酸性電解水、強アルカリ性電解水)が有効であり公衆衛生上きわめて有用な方法であると考えられる。

謝 辞

本研究の一部は厚生省科学研究費(食品衛生調査研究事業)により行われた。

文 献

- 1) 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。日環感8: 11~16, 1993
- 2) 大久保憲: 電解酸性水に関する調査報告。日本手術医学会誌15: 508~520, 1994
- 3) 安部 敏, 宮 豊, 奥田礼一: 酸化電位水のHBウイルスに対する不活化作用。口菌保誌37: 1616~1623, 1994
- 4) 岩沢篤郎, 中村良子: 酸性電解水と擬似酸性水との殺菌効果の比較検討。感染症誌70: 915~922, 1996
- 5) 中村美幸, 横田憲治, 小熊恵二, 他: *Helicobacter pylori* に対する電解機能水の殺菌効果。感染症誌74: 120~127, 2000
- 6) 奥田礼一, 笹崎弘己, 兼平正史, 他: 形態変化から見た酸化電位水の殺菌効果。日保菌誌37: 755~765, 1994
- 7) 堀田国元: 電解水の生い立ちと行方。月刊フードケミカル5: 19~24, 1998
- 8) Venkitanarayanan K S, Ezeike G O, Hung Y C, et al.: Efficacy of electrolyzed oxidizing water for inactivating *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella enteritidis*, and *Listeria monocytogenes*. Appl. Environ. Microbiol. 65: 4276~4279, 1999
- 9) Nishida T: The effect of oxidizing water on metallic restorations in the mouth: in vitro reduction behavior of oxidizing water. J. Nihon. Univ. Sch. Dent. 39: 38~48, 1998
- 10) 高杉益充: XI. 電解酸性水 7. その他の消毒剤。消毒剤—基礎知識と臨床応用。p.186~188 (高杉益充・新太喜治 編), 医薬ジャーナル社, 大阪, 1998
- 11) 乙黒一彦, 鈴木英世, 秋丸洋子, 他: グローブジュース法による2種の酸性電解水生成水溶液の手指消毒効果について。環境感染11: 117~122, 1996
- 12) 小宮山寛機: 電解水の安全性。食品と開発33: 8~9, 1998
- 13) Miyamoto M, Inoue K, Gu Y, et al.: Effectiveness of acidic oxidative potential water in preventing bacterial infection in islet transplantation. Cell. Transplantation 8: 405~411, 1999
- 14) Tsuji S, Kawano S, Oshita M, et al.: Endoscope disinfection using acidic electrolyzed water. Endoscopy. 31: 528~535, 1999
- 15) 桜井幸弘: 内視鏡による感染防止マニュアル。総合臨床48: 2425~2426, 1999
- 16) Sasai-Takedatsu M, Kojima T, Yamamoto A, et al.: Reduction of *Staphylococcus aureus* in atopic skin lesions with acid electro-lytic water—a new therapeutic strategy for atopic dermatitis. Allergy. 52: 1012~1016, 1977

- 17) 小松 茂, 斉藤幸夫, 田村隆男: Staphylococcus intermedius に起因する子豚の膿皮症に対するアクア酸化水の治療効果. 東北家畜臨床研究会誌 19: 1~6, 1999
- 18) 小松 茂, 佐藤 隆, 斉藤幸夫, 他: 牛の皮膚糸状菌症および豚の渗出性表皮炎に対するアクア酸化水の治療効果. 東北家畜臨床研究会誌 17: 1~7, 1996
- 19) Horiba N, Hiratsuka K, Onoe T, et al.: Bactericidal effect of electrolyzed neutral water on bacteria isolated from infected root canals. Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. and Endodontics. 87: 83~87, 1999
- 20) 芝 輝彦: 強酸性電解水の殺菌作用と歯科領域における応用. 歯科衛生士 18: 23~29, 1994
- 21) 山中信介: 電解酸化水を利用した衛生管理技術. 食品加工技術 15: 7~16, 1995
- 22) 山本真り, 山田 満: 強酸性電解水による生野菜の除菌効果. 和洋女子大学紀要 (家政系編) 39: 27~34, 1999
- 23) 鈴木鐵也: 食品分野における電解水利用の実際と安全性. 月刊フードケミカル 5: 35~42, 1998
- 24) 小宮山寛機: 機能水による病原性大腸菌汚染食品の消毒方法の調査ならびに研究. 食品衛生研究 47: 49~53, 1997
- 25) Venkitanarayanan K S, Ezeike G O, Hung Y C, et al.: Inactivation of *Escherichia coli* O157: H7 and *Listeria monocytogenes* on plastic kitchen cutting Boards by electrolyzed oxidizing water. J. Food Protect 62: 857~860, 1999
- 26) アネッテ・シャーナー, 八巻良和: キュウリのうどんこ病抑制への電解水の利用. 農作業研究 34: 177~183, 1999
- 27) 富士原和宏, 土井龍太, 史 慶春, 他: 電気分解強酸性水噴霧による作物病害防除に関する基礎研究 (2): キュウリべと病の発病抑制および葉焼け様生理障害の発生に及ぼす影響. 生物環境調節 36: 245~249, 1998
- 28) 野村浩康, 香田 忍, 米森重明, 他: 強酸性電解水の物理化学と殺菌作用. 日本手術医学会誌 19: 11~19, 1998
- 29) 高橋修和, 吉川 泉: 食品衛生分野における滅菌と消毒. (よくわかる滅菌・消毒の実際). p.29~49, 藤田企画出版, 弘前, 1995
- 30) 宇田川俊一: 拭き取り試験法, 5. 室内環境の菌類, III. 種々の環境および試料からの分離法. 微生物の分離法 (山里一英, 他 編). p.409~410, R & D プランニング, 東京, 1986
- 31) Zhao P, Zhao T, Doyle M P, et al.: Development of a model for evaluation of microbial cross-contamination in the kitchen. J. Food Protect 61: 960~963, 1998
- 32) 厚生省: 食品衛生法施行規則 (昭和 23 年 7 月 13 日, 厚令 23). p.1348~1404, 獣医畜産六法, 新日本法規, 東京, 1998

Efficacy of electrolyzed water for kitchen disinfection

Hisaaki Satoh¹⁾, Nobutoshi Maehara¹⁾, Fusayoshi Ikawa²⁾, Yousuke Saito³⁾,
Nobuo Achiwa³⁾, Hidenori Matsui⁴⁾ and Kanki Komiya⁴⁾

¹⁾Department of Veterinary Microbiology, School of Veterinary Medicine and Animal Sciences, Kitasato University

²⁾Japan Food Research Laboratories

³⁾Hoshizaki Electric Co. Ltd.

⁴⁾The Kitasato Institute, 5-9-1 Shirokane, Minato-ku, Tokyo, 108-8642, Japan

Electrolyzed acidic and alkaline water generated from tap water containing a small amount of salt by electrolysis is strongly bactericidal (acidic) and degrades organic materials (alkaline). Food may become contaminated by pathogenic microorganisms from kitchen equipment and the hands during food preparation. To prevent food poisoning, we studied disinfection using electrolyzed water on several kitchen materials. Applying sodium hypochlorite (residual chlorine=100 mg/L) and acidic electrolyzed water (pH 2.7, residual chlorine=35~40 mg/L) against *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, and *Salmonella typhimurium* adhering to tile, stainless steel, and gauze containing 0.1% protein killed almost all bacteria. When 1% protein was added to the bacteria, they survived on the above materials after disinfection with sodium hypochlorite and acidic electrolyzed water. Almost all bacteria were killed by disinfection with acidic electrolyzed water after washing with alkaline electrolyzed water. Disinfecting contaminated materials such as cutting boards, boots, and knives with acidic electrolyzed water after washing with alkaline electrolyzed water markedly decreased bacteria to the same level as with commonly used procedures such as disinfection with sodium hypochlorite after washing with tap water. These findings suggest that washing and disinfection with electrolyzed water effectively prevents bacterial contamination of foods because electrolyzed water can be used in the same way as tap water.