

酸性電解水（次亜塩素酸水）の基礎と応用に関する動向

堀田国元

財団法人 機能水研究振興財団

2010.3.1 受理

1. はじめに

酸性電解水（次亜塩素酸水）の種類、製法、物性、有効性、安全性について概説し、衛生管理における有効利用に関する留意点や最近の動向について述べる。

2. 酸性電解水（次亜塩素酸水）の経歴

薄い食塩水や塩酸水を電解すると電解水生成装置によっていろいろな電解水をつくることができる。表1にまとめた電解水はいずれも日本で独自に生まれ育ったもので、最初は80年代後半に強酸性電解水が生まれ、その他は90年代に登場した。強アルカリ性電解水を除き、次亜塩素酸を含むので強い殺菌力を示す。当時、電解水という概念は新しく、規格基準も定まっていなかった。それゆえ厚生労働省は、装置および生成電解水の品質（物性）、有効性、安全性を認可申請ごとに個別審査し、装置とセットで認可を与えてきた。最初に認可を取得したのは強酸性電解水で、医療分野におい

て手指の洗浄消毒（1996年）¹⁾、続いて内視鏡洗浄消毒（1997年）²⁾を用途とするものであった。そして2002年には、「人の健康を損ねるおそれがない」ということから、強酸性電解水（pH2.7以下）と微酸性電解水（pH5～6.5）が次亜塩素酸水（Hypochlorous acid water）の名称で食品添加物（殺菌料）に指定された^{3,4)}。弱酸性電解水（pH2.7～5）の生成装置も存在するが、食品添加物の認可申請中で食品安全委員会の審議が行われている。なお、強酸性、弱酸性、微酸性というのは厚生労働省が定めているpH範囲（pH3以下を強酸性、pH3～5を弱酸性、5～6.5を微酸性）に基づいており、物質としての強酸や弱酸に基づいているのではない。

以上の電解水は、pHが酸性であることから、総合して酸性電解水と一般的に呼ばれているが、生成装置の性能によって生成電解水の性状が異なるため、成分規格（pHと有効塩素濃度）がまちまちである（表1）。

そこで機能水研究振興財団では、酸性電解水（次亜

表1. 電解水のいろいろ

電解水	電解槽*/生成極	被電解液	pH	有効塩素	認可状況など
強酸性電解水	二室型/陽極	食塩水(<0.1%)	2.2～2.7	20～60ppm	殺菌料: 手洗・内視鏡消毒、食品添加物
強アルカリ性電解水	"/陰極	"	11～11.5	—	希薄なカセイソーダと同等性
弱酸性電解水**	二室型	食塩水(<0.1%)	2.7～5	10～60ppm	殺菌料: 食品添加物(審議中)
微酸性電解水	一室型	塩酸水(2～6%)	5～6.5	10～30ppm	殺菌料: 食品添加物
	"	塩酸/食塩水	"	50～80ppm	殺菌料: 食品添加物(審議中)
電解次亜水	一室型	食塩水(<0.1%)	>7.5	50～200ppm	殺菌料: 食品添加物

* 図3参照。二室型電解槽は陽極と陰極が隔膜で仕切られているが、一室型電解槽は隔膜で仕切られていない。

なお、陽極と陰極が2つの隔膜で仕切られ、その間に高濃度食塩水を入れて電解する三室型電解装置もある。

** 弱酸性電解水は陽極と陰極の生成水を混合して作成する。

塩素酸水) の概念定義に基づく包括的成分規格の策定に向けて厚生労働省に以下のような提案を行っている。すなわち、図1に示すように、次亜塩素酸ナトリウム希釈液がアルカリ性(pH7.5~13前後)で100~1,000ppmの有効塩素濃度で使用されるのに対して、「酸性電解水(次亜塩素酸水)はpH2.2~7.5で10~100ppmの有効塩素濃度を持ち、塩化物イオン(Cl⁻)を含む飲用適の水の電気分解によって直接生成する」という提議である。市場に出回っている生成装置は、それぞれ特定の範囲のpHと有効塩素濃度を示す次亜塩素酸水をつくるわけである。

電解次亜水は、次亜塩素酸水と同様に食塩水電解によってつくられるが、pH>7.5のアルカリ性で、次亜塩素酸ナトリウムの希釈液と同等と判断されている⁵⁾。

図2に示すように、酸性電解水の殺菌基盤である次亜塩素酸(日本ではHClO、欧米ではHOClと表示される)は、その存在比率がpHによって変化する。すなわち、酸性電解水のpH領域では非常に高いが、微アルカリ性領域では急激に減少する。アルカリ性pHが増すにつれて殺菌活性の微弱な次亜塩素酸イオン(OCl⁻)の比率が急上昇する(OCl⁻の殺菌活性は微弱でHOClの約

1/80)。次亜塩素酸ナトリウム(NaOCl)液のHOCl比率は10%以下である。そのため、同じ有効塩素濃度で酸性電解水と比較すると殺菌活性は1/20~1/10となる。実際、40ppmの強酸性電解水は1,000ppmの次亜塩素酸ナトリウム(NaOCl)液と同等の殺菌活性を示す。

なお、次亜塩素酸ナトリウムと塩酸を混合して使用することが容認されているが、予め混和した水溶液は化学反応が生じていると考えられることから、「食品添加物に該当せず、販売することは認められない⁶⁾」とされている。つまり、混合水(カンファ水など)そのものは食品添加物に指定されておらず、有効塩素濃度やpH規格が定められていない点で次亜塩素酸水とは明瞭に区別される。事故が懸念されていたが、実際に起きたこともある。(2008年11月9日付新聞報道)

一方、強酸性電解水生成の際に陰極側に副成する強アルカリ性電解水(pH11~11.5)は、化学的にみて希薄なカセイソーダと同等性があり、油脂やタンパクなどの良好な乳化作用や剥離作用を示す⁷⁾。この特徴に基づき、強アルカリ性電解水で殺菌対象の有機物を洗浄除去してから酸性電解水を作用させることによって殺菌効果を上げる方法が最近進んでいる。

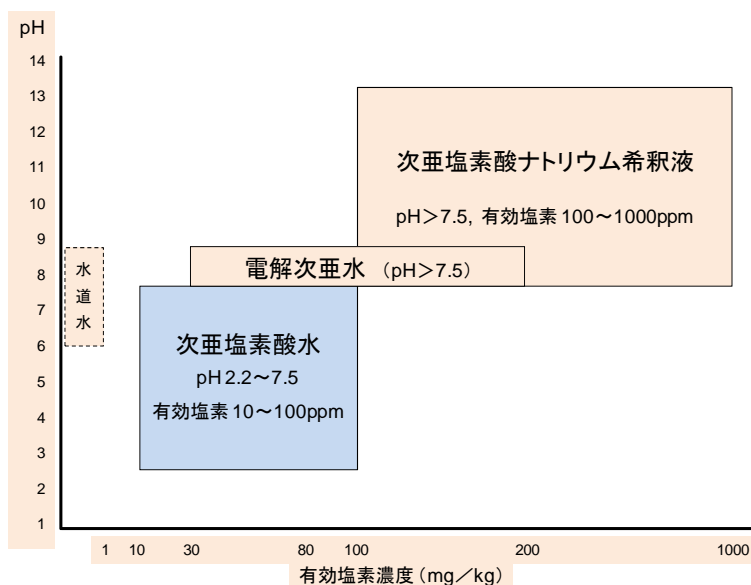


図1. 次亜塩素酸水の概念的位

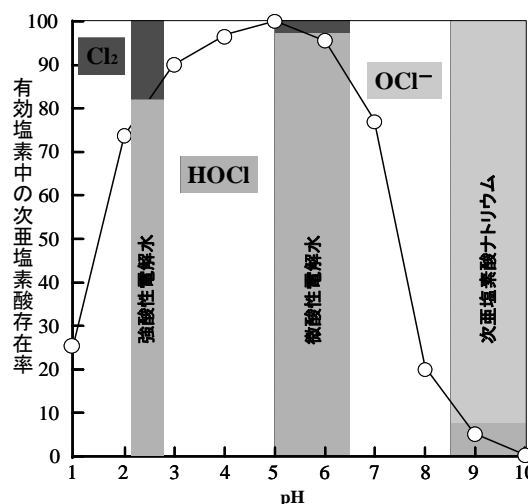


図2. 電解水における次亜塩素酸の存在比率

3. 各種電解水の製法と物性

1) 生成装置 (図3 参照)

電解槽の陽極と陰極が隔膜によって仕切られていない無隔膜一室型電解装置と、仕切られている有隔膜二室型電解装置とがある。前者は微酸性電解水や電解次亜水の製造に使われており、生成電解水すべてが殺菌

性電解水である。後者(二室型)は強酸性電解水の製造に使用され、陽極から強酸性電解水、陰極から強アルカリ性電解水が半量ずつ生成する。さらに、陽極と陰極に内接して2つの隔膜を置いた三室型電解装置があり、陽極から酸性電解水、陰極からアルカリ性電解水を生成する。

各種の機種（流水式とバッチ式）が開発されており、主流となっている流水式機種の吐水量は機種によって1時間当たり60L～10トンまでいろいろである⁸⁾。

2) 強酸性電解水と強アルカリ性電解水⁹⁾

二室型電解槽（図3B）を用いて0.2%以下の食塩水（NaCl）を電解してつくられる。陽極（+極）では、水（H₂O）から酸素（O₂）と水素イオン（H⁺）、および塩化物イオン（Cl⁻）から塩素（Cl₂）が生じる。塩素は水と反応して次亜塩素酸（HOCl）と塩酸（HCl）を生ずる。その結果、pHは2.7以下（pH3以下が強酸性領域）に低下し、溶存酸素（DO）と酸化還元電位（ORP）が顕著に上昇し、有効塩素濃度は20～60ppmとなる。これが強酸性電解水である。陰極（-極）ではH₂Oの電解反応のみが起き、水素（H₂）と水酸イオン（OH⁻）が生じ、pHはアルカリ性に著しく傾く（pH11～11.5）。これが強アルカリ性電解水で、電解製造されるカセイソーダの希釈液（0.004～0.01%）と同等性がある。

一方、三室型電解装置（図3C；中央室に高濃度食塩水を入れ、その両側の室を水道水が通る）でも陽極と陰極で上記と同じ反応が起き、酸性電解水とアルカリ性電解水を得ることができる。この方式でできる電解水は、食塩濃度の低いことが特徴的である。

3) 弱酸性電解水

基本的に、図3Bにおいて生じる強酸性電解水と強アルカリ性電解水を装置内で調整混合してつくられる。pHが2.7～5.0で有効塩素濃度が10～60ppmが弱酸性電解水の規格として認可申請され、審議中（最終段階）である。

4) 微酸性電解水¹⁰⁾

一室型電解装置（図3A）を用いて希塩酸水（2～6% HCl）を低電圧（2V）電解する方式でつくられる。陽極において塩酸（HCl）から水素（H₂）と塩素（Cl₂）が生じ、Cl₂はさらにH₂Oと反応して次亜塩素酸（HOCl）と塩酸（HCl）になる。低電圧電解のため陰極における反応は起きない。電解槽内で生成する電解水は強酸性であるが、これを水道水で約3,000倍希釈するように機械的に調整されている。そのため、水道水の緩衝力でpHは5～6.5となり、有効塩素濃度は10～30ppmを示す。これが希塩酸水

の電解によって生成する微酸性電解水（微酸性次亜塩素酸水）である。pHが5.0～6.5であるため次亜塩素酸の存在比率が高く（図2）、塩化物イオン（Cl⁻）濃度が低い（0.002%未満）ことも特徴的である。

なお、食塩水（5%）と塩酸水（3%）の混液を電解することによって50～80ppmの有効塩素濃度の微酸性電解水を生成する方式もある。現在、認可審議中である（審査は最終段階）。

5) 電解次亜水

電解次亜水は、食塩水を一室型電解槽で電解することによってつくられる。すなわち、基本的に図3Bの電解槽において隔膜の無い条件で電解されることになるので、陽極と陰極の反応生成物が混合する。その結果できる電解水は、微～弱アルカリ性（pH>7.5）を示し、次亜塩素酸ナトリウム希釈液と同等性があると判断されている⁹⁾。50～200ppmの有効塩素濃度のものが製造使用されている。電解次亜水の有効塩素は次亜塩素酸イオン（OCl⁻）の比率が多くなる（図2参照）が、かなり高い殺菌活性を示す。

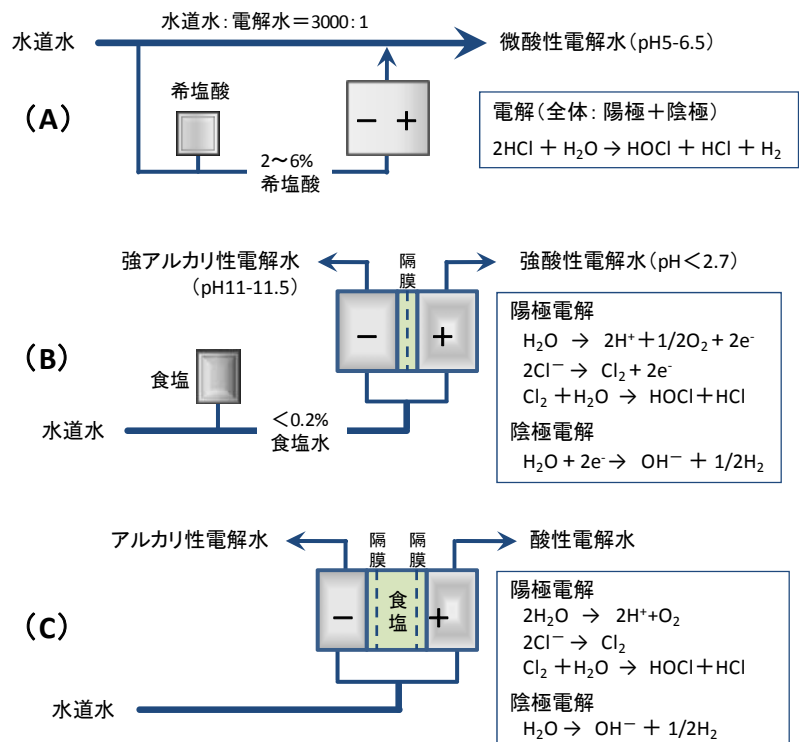


図3. 電解水生成様式
(A)一室型、(B)二室型、(C)三室型

6) 次亜塩素酸ナトリウム¹¹⁾

次亜塩素酸ナトリウム (NaOCl) 液は、一般的に 100 ~ 1,000ppm の有効塩素濃度で使用されるが、アルカリ性のため HOCl の存在比率は 10%以下と低く、次亜塩素酸イオン(OCl⁻)が 90%以上を占める (図2)。OCl⁻の殺菌活性は微弱 (HOCl の約 1/80) なため、次亜塩素酸ナトリウム液の殺菌活性は、同じ有効塩素濃度と比較すると酸性電解水の 1/20~1/10 となる。実際、1,000ppm の次亜塩素酸ナトリウム (NaOCl) 液と 40ppm の強酸性電解水の殺菌活性は同等である。

次亜塩素酸ナトリウム液は中水準消毒剤に分類されているが、次亜塩素酸水も用法用量次第で同等性があると考えられる (図4)。

また、次亜塩素酸ナトリウムは高濃度 (有効塩素濃度 4% = 4 万 ppm 以上) の製品が市販されており、使用に当たっては使用対象に応じて所定の濃度に希釈して浸け置き使用する。一方、酸性電解水(次亜塩素酸水)は生成装置から使用濃度のもが直接つくられ、そのまま水道水感覚で流水洗浄するように使用できる。

3. 酸性電解水の殺菌力とその基盤、および安全性

1) 殺菌力と殺菌基盤および殺菌機構^{12,13)}

酸性電解水は、薬剤耐性菌 (MRSA や緑膿菌など)、腸管出血性大腸菌 *Escherichia coli* O-157、レジオネラ菌 (*Legionella*)、サルモネラ菌 (*Salmonella*) など幅広い病原菌や食中毒菌に対して即効的殺菌活性を示す。また、カンジダ (*Candida*) やアスペルギルス (*Aspergillus*) などの真菌、さらにはノロウイルス (ネコカリシウイルス) やインフルエンザウイルス (2009 年新型 H1N1 を含む) など広範なウイルスに対しても不活性化活性を示す。結核菌やセレウス菌 (*Bacillus cereus*; 内生芽胞をもつ) に対しても遅効的殺菌活性を示す。

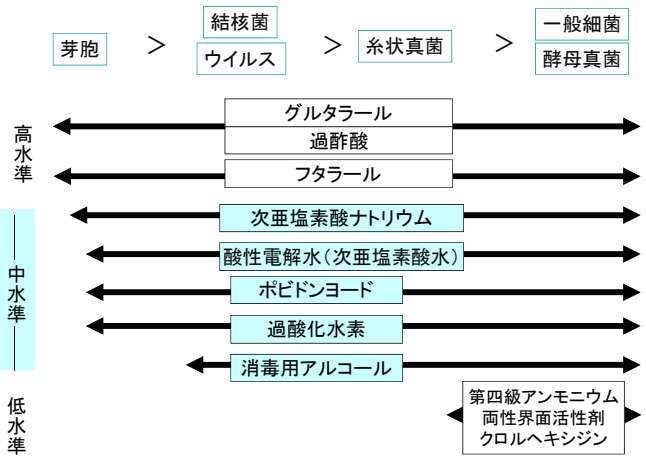


図4. 次亜塩素酸水と各種消毒剤の殺菌スペクトル

酸性電解水の殺菌基盤は次亜塩素酸 (HOCl) である (食品添加物指定の際に次亜塩素酸水と命名された所以)。HOCl の存在比率は pH によって変化するが、次亜塩素酸水の pH 領域では非常に高い (図2 参照) ので、低濃度で高活性を示す。

HOCl のほかに、酸性電解水中には過酸化水素 (H₂O₂) やヒドロキシラジカル (・OH ; OH ラジカル) が存在するエビデンスが得られている。図5に示すように、酸性電解水中に存在するこれらの科学種は好中球の殺菌要因と同じである。それゆえ、細胞内外において HOCl や H₂O₂ から OH ラジカルが生じ、細胞膜やタンパク質、核酸に多元的に作用して酸化的に損傷を与えることが酸性電解水 (次亜塩素酸水) の作用機序として考えられている。

一方、強アルカリ性電解水は殺菌力をほとんど示さないが、ネコカリシウイルスに対して弱い不活化活性があることが最近見出された¹⁴⁾。また、結核菌に対して、強アルカリ性電解水で前処理すると強酸性電解水の殺菌効果が高まることが認められている¹⁵⁾。

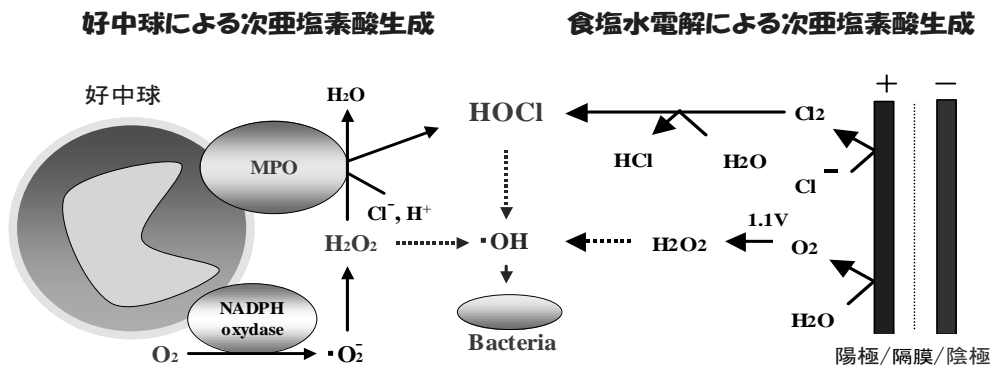


図5. 好中球と酸性電解水(次亜塩素酸水)における殺菌要因の類似性

2) 酸性電解水の安全性¹⁶⁾

酸性電解水は、急性毒性や亜急性毒性など各種の試験において安全性が確認され、「人の健康を害するおそれがない」という理由により食品添加物（殺菌料）に指定された³⁾。手指の洗浄消毒に使っても手荒れしにくく、トリハロメタンの生成や食材洗浄後の残留もほとんどない^{9,10)}。また、最近問題視されている臭素酸についても水道水の規定レベル（10ppb）をクリアできるデータが得られている（未発表）。

使用の際に、誤って目に入ったり、飲み込んだりしても特に問題が起きることはない。消毒剤にはいろいろあるが（図4参照）、裸の人間を丸ごと洗っても健康障害が起きないのは次亜塩素酸水だけである。

また、耐性菌の出現がないこと、廃棄処理法が容易なこと、および廃棄に伴う環境負荷の少ないことが、消毒剤の条件として求められているが、次亜塩素酸水はこれらの条件も満たしている。すなわち、耐性菌の出現は、これまで報告されておらず、作用要因の性状から理論的にも考え難い。廃棄処理法の容易性、廃棄に伴う環境負荷に関しても、酸性電解水は容易に中和でき、環境に放出されても濃度が薄く、失活しやすいので環境負荷はあったとしても微弱といえる。

これに対して、次亜塩素酸ナトリウムは、耐性菌の出現は無いが、使用濃度が濃く、残留性の高い次亜塩素酸イオンを多く含むので廃棄処理と環境負荷は酸性電解水に比べ問題がある。さらに、次亜塩素酸ナトリウム液はアルカリ性のため粘膜障害性がある。そのため、手洗いには向かず、誤って目に入ったり、飲み込んだりした場合、応急処置が必須である。

なお、塩素ガスや金属腐食の発生については、酸性電解水も相応の対策を講ずる必要がある（表4参照）。

4. 衛生管理における酸性電解水の応用^{9,11,17,18)}

1) 酸性電解水の有効使用のための一般的留意点

酸性電解水は用途（認可）拡大に向けて科学的エビデンスが持続的に蓄積しつつあり、多様な分野で応用されている（表3）。使用上の条件や留意点については、次亜塩素酸水に関する冊子^{4,19)}や規格基準や使用マニュアルに関する冊子^{9,10)}（<http://www.fwf.or.jp> から入手可能）に詳しいが、以下に要点を述べる。

酸性電解水の使用法は、使用対象物を流水洗浄することが基本である。このことは、他の殺菌料にない特徴である。生成直後の電解水を使用するのが原則であるが、大量に使用する現場では、タンクに貯留し、そこから使用現場に配管給水する方式が行われている。どの場合も、有効塩素濃度が規定範囲にあることを確認して使用する。簡便な試験紙（日産アクアチェック[®]など）が市販されている²¹⁾。表4に要約した酸性電解水に関するベネフィット（有用性と安全性）とリスクをよく把握することが肝要である。リスクの中の「活性消失の容易性」に関連しては以下のことに留意しなければならない。食塩水電解による強酸性次亜塩素酸水は比較的失活しやすいが、遮光密閉冷所では2週間は物性を維持できる。塩酸水電解による微酸性次亜塩素酸水や三室型電解による次亜塩素酸水は、安定性が高く、室温でもかなり長期間物性を維持できる。

以上から、実際の使用において酸性電解水の実効性を確保するには、使用対象の有機物汚染を予め除去してから、流水使用することが基本となる。また、5S（整理、整頓、清潔、清掃、躰）の確実な実行が重要である。以上ことを踏まえると、メーカー・ユーザーの共通認識として、「してはならないこと」や「やらねばならないこと」として以下のことがあげられる¹⁸⁾。

表3. 酸性電解水の利用例

分野	用途	使用法	使用対象など
医療	殺菌消毒	流水洗浄:	手指、内視鏡、血液透析機、環境(床・机)、皮膚、リネン その他(アトピー性皮膚炎、擦傷、切傷、褥瘡、火傷、創傷、壊疽、腹腔など)
歯科*	洗浄除菌	流水洗浄:	口腔、機器、環境
農業	除菌	流水洗浄・噴霧:	種・苗、稲・果物・野菜(減農薬栽培)、栽培ハウス、植物工場
食品	殺菌・除菌	流水洗浄:	食材、調理製造施設・器具、売場
水産	殺菌・除菌	流水洗浄:	海産物、売場など
畜産	殺菌・除菌	流水洗浄:	畜舎、家畜(乳房、皮膚炎など)、食肉加工工程、器具
家庭	殺菌・除菌	流水洗浄・噴霧:	加湿器、手指、食器、台所、風呂、トイレなど
環境・コミュニティ	殺菌・除菌	流水洗浄・噴霧:	施設環境(プール、トイレなど)、手指、水

* 日本口腔機能水学会発行の口腔機能水ガイドライン²⁰⁾参照

表4. 酸性電解水(次亜塩素酸水)のベネフィット(有用性と安全性)とリスク¹⁷⁾

1. 有用性:	1) 殺菌活性: 低濃度高活性、広範囲の抗菌・抗ウイルス活性 2) 製造の容易性: ①塩(塩酸)と電気と機器があれば安全簡単、②連続的に大量に製造可能 3) 経済性: ①低ランニングコスト、②節水 4) 衛生管理: ①使用対象個所の広さ、②洗浄殺菌及び噴霧殺菌、③使い易さ 5) 食品関係: ①食材の劣化速度の低下、②食品処理現場の脱腐敗臭 6) 廃棄の容易性: 濃度が低く、容易に中和できる(微酸性は不要)ので、廃棄が容易。
2. 安全性:	1) 人体への安全性: ①低毒性、②耐性菌出ない、③手荒れ少ない、④誤飲しても特に影響なし 2) 食品・食材への低影響: ①栄養分の変化なし、②低漂白力、③低残留性 3) 野外環境負荷: 濃度が低く、開放系で短時間に消失するので、あったとしても極めて軽微 4) 流通上の安全性
3. リスク:	1) 塩素ガス: 狭い密閉空間での使用 → 室内換気すれば解決 2) 金属腐食: ①材質による(ステンレス SUS304 以上であれば問題なし)、②金属溶接部が弱い 3) 活性消失の容易性: 開放放置と有機物(すぐ反応する)に注意 → 有効塩素濃度のチェックが必要

使用の際に「してはいけないこと」は、①汚れを処理しない(予備洗浄をしない、汚れ物を混ぜる)ままの使用、②(開放状態での)汲み置き放置、③他の殺菌剤や洗剤との混合使用、である。

「やらなければいけないこと」は、①電解水のチェック(有効塩素濃度、pH および生成水量)、②機器の管理(食塩の補充、電極の交換)、③マニュアルの作成と実践。管理責任者を置くことと運用ルール作りがポイントである。

また、装置を導入後に忘れずに実施すべきことは、①衛生レベルの検証(定期的衛生検査の実施、衛生教育・研修の受講)、②マニュアル等の定着化の検証(運用の実行度、作業者によるバラツキなど)、③効果の検証(導入前後の変化を数値で比較管理)である。

2) 強アルカリ性電解水と強酸性電解水の併用

酸性電解水の実効性を確実にするには、使用対象の有機物汚染を除去してから使用することが肝要である。この点に関連して、強酸性電解水生成の際に陰極側から生成する強アルカリ性電解水はすぐれた除去能力を示すので、強アルカリ性電解水で最初に洗浄処理後、強酸性電解水で洗浄する方法が内視鏡²²⁾や手指^{23, 24)}の洗浄消毒において確立されている。

内視鏡の洗浄消毒に関しては、使用後の内視鏡をブラッシングした後、強アルカリ性電解水洗浄によって汚染物を除去してから、強酸性電解水で洗浄消毒する全自動洗浄消毒装置が医療機器認可を取得している。目下、利便性を含めた評価が実使用現場(3 医療施設)において進められている。

手指洗浄消毒に関しては、衛生的手洗い(強アルカリ性→電解水 15 秒→強酸性電解水 15 秒)の評価が、機能水研究振興財団(電解水評価委員会)のプロジェクトとして異なる3施設(実践女子大学、国立看護大学校、田仲北野田病院)で実施された。その結果、いずれの施設でも電解水手洗いは汚れと一般細菌の両方を効果的に低下させることが共通の成績(図6)として明らかになった。これを基に「電解水による手洗いとその効果」が、(社)日本食品衛生協会の2009年度食品衛生指導員巡回指導資料²⁵⁾に掲載された。

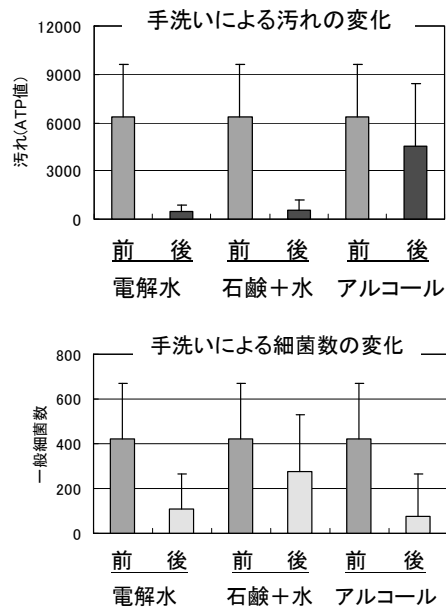


図6. 電解水(強アルカリ性電解水と強酸性電解水の併用)による手洗い効果²⁵⁾
石鹼・水手洗いとアルコール擦拭との比較

5. 今後の展望

酸性電解水（次亜塩素酸水）は日本で独自に生まれ育ち、手荒れが少なく、使用（＝製造）濃度や残留性が低く、水道水感覚で使用することができ、人にも環境にもやさしく効果的な殺菌料（認可されていない用途に使用する場合は除菌剤）である。廃棄処理方法の容易性、廃棄に伴う環境への影響の少なさ、そして耐性菌の出現頻度の低さも特徴的である。製造濃度と使用濃度が同じでかつ低いので、誤って飲んだり、皮膚に直接被ったりしても健康傷害につながらないことも他の消毒剤にはない大きな利点である。

2007年に実施されたアンケート調査²⁶⁾において、酸性電解水に対する理解がその10年前に比べて顕著に高まっており、電解水の経済性、利便性、有効性、環境に対する関心の高さが明らかとなった。これらを裏付けるかのように、最近では、自衛隊中央病院新築病棟において中央配管方式電解水供給システムが導入され（2009年）、また、社団法人日本食品衛生協会²⁵⁾によって電解水による手洗いが取上げられた。さらに、学校給食法改定に伴って衛生管理基準改正が行われ、調理場での生野菜等の殺菌法として、微酸性電解水、強酸性電解水、電解次亜水が掲載された²⁷⁾。農水省が進めている特定防除資材としての指定も近々実現するものと期待される。

以上のように、酸性電解水（次亜塩素酸水）の社会的評価、すなわち科学的・技術的・社会的な有用性と信頼性は、年を経るごとに着実に高まってきており、今後は多分野における国内外での貢献が期待される。そうした中、整備していかなければならない課題がいくつかある。まず、生成装置や次亜塩素酸水の公的規格の策定、できればJIS化が望まれる。次亜塩素酸水の包括的規格の策定が緊急の課題であろう。また、すでに日本口腔機能水学会²⁸⁾が先行しているが、用法用量に関してコンセンサスを追求し、分野別ガイドラインを策定する時期に到達していると思われる。

日本では、機能水研究振興財団（厚生労働省管轄）、日本機能水学会、業界が連携して発展してきたが、国際的にも酸性電解水の普及やネットワークの構築が進んでいる。中国では、衛生部が強酸性電解水に関する規格基準^{28,29)}をすでに定めており、李博士が国際学術集會を計画している。韓国では延世大の李教授や忠北大の朴教授が中心となって2010年2月に韓国機能水学会が発足し、活動が始まった。米国ではジョージア大学のHung（洪）教授がリード役を担ってきている。日・中・韓・米の連携による国際基準の策定が期待される。

参考文献

- 1) 強電解水企業協議会：強酸性電解水の規格基準（医療編）、1999
- 2) 強電解水企業協議会：強酸性電解水による内視鏡洗浄消毒マニュアル、2006
- 3) 厚生労働省令第75号および厚生労働省告示第212号：官報第3378号（平成14年6月10日）p.1およびp.8.
- 4) 厚生労働省医薬局食品保健部基準課：新しい殺菌料・酸性電解水. 食と健康, 544:12-17, 2002
- 5) 厚生省生活衛生局科学課長通知：いわゆる電解水の取り扱いについて. 衛化第31号、平成11年6月25日.
- 6) 厚生労働省医薬食品局食品安全部基準課長通知：次亜塩素酸ナトリウムに酸を混和して使用することについて. 食安基発0825001号、平成16年8月25日.
- 7) 菊地憲次：手洗いにおけるアルカリ性電解水の洗浄能力とその化学的因子. (財)機能水研究振興財団 電解水評価委員会平成17年度報告書、pp.14-17, 2006
- 8) 堀田国元：酸性電解水（次亜塩素酸水）生成装置の概要と衛生管理への応用. 食品衛生研究, 57(8):9-16, 2007
- 9) 強電解水企業協議会：強酸性電解水使用マニュアル（食品添加物 強酸性次亜塩素酸水塩素酸水用）, 2002
- 10) 強電解水企業協議会：微酸性電解水使用マニュアル（食品添加物 微酸性次亜塩素酸水塩素酸水用）, 2002
- 11) 堀田国元：酸性電解水とは何だろう. 食と健康, 平成18年8月号、7-11, 2006
- 12) (財)機能水研究振興財団学術選考委員会編：電解水ガイド2001, (財)機能水研究振興財団, 2001
- 13) 堀田国元：強酸性電解水の科学—生成原理および殺菌力の基盤とメカニズム—. 日本機能水学会監修 (財)機能水研究振興財団電解水評価委員会編「強酸性電解水の有用性と信頼性」 pp.5-7, 2007
- 14) 岩沢篤郎、高木弘隆、堀田国元：強酸性電解水によるノロウイルス対策. 日本機能水学会監修 (財)機能水研究振興財団電解水評価委員会編「強酸性電解水の有用性と信頼性」 pp.24-28, 2007

- 15) 広中伸治、土井教生：強酸性電解水の抗酸菌に対する殺菌効果—強アルカリ性電解水との併用効果および非結核性抗酸菌に対する殺菌効果の検討. 第6回日本機能水学会学術大会講演要旨集, pp.26-27, 2007
- 16) 小宮山寛機、岩沢篤郎：強酸性電解水の安全性. 日本機能水学会監修 (財)機能水研究振興財団電解水評価委員会編 「強酸性電解水の有用性と信頼性」 pp.8-10, 2007
- 17) 中村悌一、堀井純：微酸性電解水で食材の殺菌・現場の衛生. 食と健康, 平成18年8月号、12-15, 2006
- 18) 両角久、颯田康男：強酸性電解水の効果的な使い方. 食と健康, 平成18年8月号, pp.16-19, 2006
- 19) (財)機能水研究振興財団：食品添加物指定「次亜塩素酸水(酸性電解水)」解説・資料集、2003
- 20) 日本口腔機能水学会：口腔機能水ガイドライン 2004
- 21) 機能水の機能因子の測定法. 第5回日本機能水学会学術大会講演要旨集, p.74, 2006
- 22) 櫻井幸弘：強酸性電解水による内視鏡の洗浄消毒. 日本機能水学会監修 (財)機能水研究振興財団電解水評価委員会編 「強酸性電解水の有用性と信頼性」 pp.12-21, 2007
- 23) 藤原功一ら：強アルカリ性電解水との組合せによる強酸性電解水の手洗い効果. 同上 pp.22-23, 2007
- 24) 左官愛野、西島基弘：電解水の手洗い効果. 医工学治療 20: 24-29, 2008
- 25) 社団法人日本食品衛生協会：2009年度食品衛生指導員巡回指導資料 p.11, 2009
- 26) 堀田国元：強酸性電解水の概要. 同上 pp.1-4, 2007
- 27) 文部科学省スポーツ・青少年局学校健康教育課：調理場における洗浄・消毒マニュアル Part I. p.19, 2009
- 28) 日本口腔機能水学会：シンポジウム「電解機能水使用新ガイドラインによる安全・安心な医療」第11回日本口腔機能水学会学術大会. 2010年3月、文京学院大学.
- 29) 李新武：中国における強酸性電解水生成装置の安全及び衛生基準に関する主な技術指標 1 および2. 第6回日本機能水学会学術大会講演要旨集, pp.41-45, 2007.
- 30) 李新武：強酸性電解水に関する標準、規範の紹介. 第8回日本機能水学会学術大会講演要旨集, pp.76-78, 2009.

Trends in Acidic Electrolyzed Water (Hypochlorous Acid Water) in terms of Basic Science and Application

Kunimoto Hotta

Functional Water Foundation, 2-20-8 Kami-osaki, Shinagawa-ku, Tokyo 141-0021 Japan

The kind, production methods, physico-chemical properties, effectiveness and safety of acidic electrolyzed water will be outlined. Recent trends in and remarks on hygienic applications will also be introduced.