

クッキングルーム

調理と機能水

堀田 国元*

Kunimoto Hotta

1. はじめに

機能水は日本で独自に生まれ育った概念の水である。その代表的なものは電解水であるが、その中で酸性電解水（次亜塩素酸水）が食品添加物（殺菌料）に指定され、調理場における食材洗浄や手洗いあるいは調理器具・施設の洗浄消毒のための有効利用が広まっている。殺菌活性が高く、人にも環境にもやさしい（高安全性）ことが特徴で、公的にも食材洗浄（文部科学省「調理場における洗浄・消毒マニュアル」）や衛生的手洗い（日本食品衛生協会「食品衛生指導員巡回指導資料」）に掲載されるようになっている。

2. 機能水とは

機能水とは、「人為的な処理によって再現性のある有用な機能を付与された水溶液の中で、処理と機能に関して科学的根拠が明らかにされたもの、及びされようとしているもの」と定義されている¹⁾（日本機能水学会）。いろいろな機能水が知られているが、この定義を満たしているものは数少ない。代表的なものは、いくつかの薬事認可を得ている電解水である。機能水という言葉も元々は電解水から生まれたので狭義には電解水を指すことが多い。電解水は、薄い食塩水や塩酸水あるいは水道水などを電解することによってつくられる。生成装置や電解条件によって機能の異なる電解水（表1）が生成するが、本稿で紹介する酸性電解水はその広範な抗菌・抗ウイルス活性を利用して衛生用途に使われている。厚労省は、生成装置および生成電解水の品質、有効性、安全性に関する審議によって生成装置とセットで強酸性電解水による手指（1996年）²⁾や内視鏡

（1997年）³⁾の洗浄消毒用途を薬事認可し、2002年には強酸性電解水と微酸性電解水を次亜塩素酸水の名称で食品添加物に指定（殺菌料）した⁴⁾。食品分野では最近、次亜塩素酸水は食材の洗浄（学校給食）⁵⁾や手洗い（日本食品衛生協会「食品衛生指導員巡回指導資料」）⁶⁾に取り上げられている。

一方、飲用電解水であるアルカリイオン水は、胃腸症状改善効果が薬事認可され、今日的な比較臨床試験でもその効果が確認されている⁷⁾。最近では、調理水としても使われている（紙面が限られているので紹介は割愛するが、<http://www.3aaa.gr.jp/user/index.html>を参照ください）。

3. 酸性電解水（次亜塩素酸水）

1) 概念

酸性電解水（次亜塩素酸水）は、食塩水や塩酸水などの塩化物イオン（Cl⁻）を含む水溶液の電気分解（陽極）反応によって直接生成する次亜塩素酸を主機能成分とする酸性の電解水である。認可申請は生成装置ごとに行われたため、各装置から生成される範囲の酸性電解水ごとの個別審議によって薬事認可されてきた（表1参照）。現状では、食塩水の電解による強酸性電解水（pH 2.7以下）と塩酸水の電解による微酸性電解水（pH 5.0~6.5）が食品添加物（殺菌料）に指定されている。なお、弱酸性電解水（pH 2.7~5.0）については審議中である。こうした経緯のため次亜塩素酸水の包括的成分規格は定まっていない。そこで、（財）機能水研究振興財団では、図1に示すように、pH 2.2~7.5で有効塩素濃度 10~100 ppm という包括的範囲を提案している⁸⁾が、国による成分規格の変更は今後の課題と

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	効果/認可状況
強酸性電解水 （強アルカリ性電解水	二室型・陽極 〃・陰極	食塩水（＜0.1%） 〃	2.2~2.7 11~11.5	20~60 ppm —	殺菌/手洗・内視鏡消毒・食品添加物 有機物除去
弱酸性電解水**	二室型	食塩水（＜0.1%）	2.7~5	10~60 ppm	殺菌/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	10~30 ppm	殺菌/食品添加物
電解次亜水	一室型	食塩水（＜0.1%）	>7.5	50~200 ppm	殺菌/食品添加物
アルカリイオン水	二室型・陰極	水道水	9~10	—	胃腸症状改善/家庭用医療機器

* 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。

** 弱酸性電解水は陽極と陰極の生成水を装置内で混合して作成する。

* 財団法人機能水研究振興財団
(Functional Water Foundation)

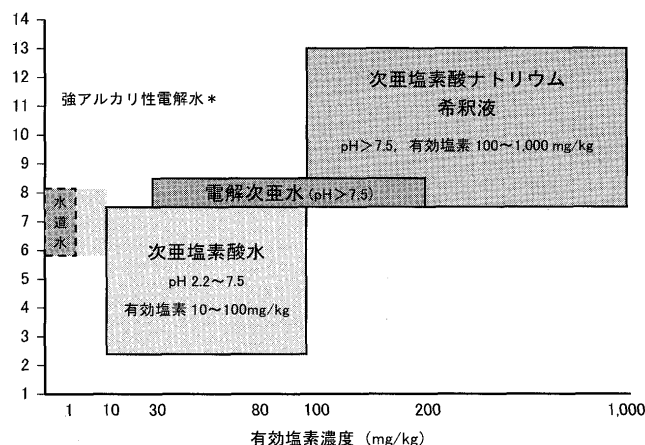


図1. 次亜塩素酸水と次亜塩素酸ナトリウム希釈液の概念的位置関係
* pH: 強アルカリ性電解水 11~11.5, 水道水 5.8~8.6 (残留塩素 0.1 ppm 以上)

なっている。

名称に関しては、医療における薬事認可を受けた際に強酸性電解水という名称、さらに食品添加物指定の際に次亜塩素酸水 (Hypochlorous acid water) という名称が与えられた。それに基づいて食品添加物としての強酸性電解水と微酸性電解水はそれぞれ強酸性次亜塩素酸水と微酸性次亜塩素酸水が公式名称となっている⁴⁾。

2) 生成原理と生成装置^{9,10)}

図2は、陽極と陰極が隔膜で仕切られた有隔膜二室型電解槽における食塩水 (0.2% 以下の NaCl) の電気分解によって強酸性電解水が生成する概略を示している。陽極において H_2O と塩化物イオン (Cl^-) から酸素、水素イオン (H^+)、塩素 (Cl_2) が生じ、塩素は水と反応して次亜塩素酸 (HOCl) と塩酸 (HCl) を生ずる (次亜塩素酸は、日本では HClO 、欧米では HOCl と表現される)。その結果、pH は 2.7 以下 (強酸性領域) に低下し、溶存酸素 (DO) と酸化還元電位 (ORP) は顕著に上昇し、有効塩素濃度は 20~60 ppm となる。これが強酸性電解水である。一方、陰極面では H_2O の電解のみが起き、水素 (H_2) と水酸イオン (OH^-) が生じ、pH は 11~11.5 となる。この電解水は強アルカリ性電解水と一般的に呼称され、油脂などの有機物の洗浄除去にすぐれた効果を示す。

微酸性電解水は、図2の電解槽の隔膜を除いた型の電解槽を用いて NaCl の代わりに希塩酸水 (2~6% HCl) を低電圧 (2 V) 電解することによってつくられる。その場合、陽極では $2\text{HCl} \rightarrow \text{H}_2 + \text{Cl}_2$ の反応が起き、次いで Cl_2 は H_2O と反応して次亜塩素酸 (HOCl) と塩酸 (HCl) が生じる。陰極では低電圧のため電解反応は起きない。生成する電解水は強酸性であるが、これを 3千~4千倍の水道水と混合するシステムになっており、水道水の緩衝力で pH は 5~6.5 となり、有効塩素濃度は 10~30 ppm となる。これが希塩酸水の電解による微酸性電解水である。

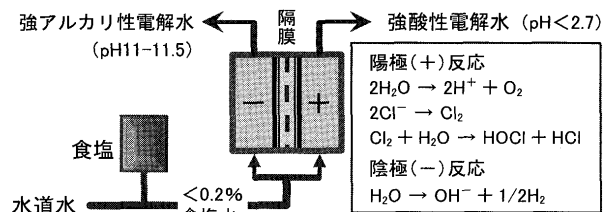


図2. 二室型電解装置による強酸性電解水の生成システム

電解水の流通に関しては、現状では「水そのものではなく電解装置が流通する¹¹⁾」とされている。現在出回っている酸性電解水生成装置は、水道の蛇口直結型でスイッチを入れると自動的に水道水のように流出する。ユーザーの要望に応じて時間当たり 60 L~10 トンまでいろいろな機種が開発されている¹⁰⁾。電極は金属溶出がほとんどない白金を基本としており、生成濃度は所定濃度より濃いものがないように設計されている。初期投資はかかるが、ランニングコストの低さも特徴的である。

なお、市販の次亜塩素酸ナトリウム液と塩酸を混合希釈すれば次亜塩素酸水と同じものができるという考えがあるが、厚労省は以下の見解を示している。食品添加物に指定されているものを混合して使用することはよいが、「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。」としている (食安基発第 0825001 号; 平成 16 年 8 月 25 日)。そこで、混合希釈装置が出回り始めた。安全な食品添加物どうしを混合するので安全というふれ込みであったが、ユーザーが混合を間違え、濃い塩素ガスが噴出し救急車が出動する事故が起きている (2008 年 11 月 9 日新聞記事)。

一方、酸性電解水のデメリットとして金属腐食性が指摘されているが、これは強酸性電解水中の食塩の影響が大きいことが知られている。塩酸水の電解による微酸性電解水では金属腐食の問題が少ない。また、有隔膜三室型電解装置を用いて食塩水の電解で生成される酸性電解水は食塩濃度が低いため金属腐食が少ない。なお、強アルカリ性電解水は金属腐食をもたらさないで、強酸性電解水処理後に強アルカリ性電解水を流すことにより金属腐食を軽減できる。

3) 殺菌力⁹⁾と安全性¹²⁾: 次亜塩素酸ナトリウムとの相違¹³⁾

酸性電解水 (次亜塩素酸水) は、薬剤耐性菌 (MRSA や緑膿菌など) を含めた病原菌、腸管出血性大腸菌 O-157, サルモネラ, カンピロバクターなど幅広い食中毒菌に対して即効的な殺菌活性を示す。さらに、ノロウイルスや新型を含めてインフルエンザウイルスなど広範な抗ウイルス活性を示す。その殺菌基盤は次亜塩素酸で、それが分解する過程で生ずるヒドロキシラジカル ($\cdot\text{OH}$) が、生命維持

に必須である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のが殺菌機序と考えられている。このため、耐性菌の出現は確率的に極めて低く、事実これまでに報告されていない。

化学的にみると次亜塩素酸水は次亜塩素酸ナトリウム希釈液と同類で、両者同様の広範な抗菌・抗ウイルス活性を示すが、以下のような相違がある（図2および図3参照）。次亜塩素酸水は電気分解によって直接つくられ、酸性で100 ppm未満の有効塩素濃度で、殺菌成分のほとんどが活性体（次亜塩素酸 HClO ）として存在する。一方、次亜塩素酸ナトリウム液はアルカリ性で、市販の高濃度液（4%以上）を希釈して100～1,000 ppmの有効塩素濃度で使用されている。殺菌成分の大半は微活性体の次亜塩素酸イオン（ OCI^- ）として存在しており、活性体（次亜塩素酸）の比率は10%以下に留まっている。そのため、同じ有効塩素濃度で比較すると殺菌活性は強酸性電解水の方が10～20倍高くなる。しかしながら、次亜塩素酸水は有効塩素濃度が低いため有機物に弱いものに対して、次亜塩素酸ナトリウム液は高濃度で使えるので有機物が多くても有効性を発揮できる。

安全性に関しては、各種の毒性試験において確認¹²⁾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指定された⁴⁾。次亜塩素酸ナトリウムでは懸念される発がん性物質（トリハロメタンや臭素酸）も水道水レベルである。また、手荒れしにくいので手指の洗浄消毒に使用でき、誤飲しても誤って目に入っても特別の問題を起こさない。次亜塩素酸ナトリウム液は粘膜や肌には有害作用を及ぼすので、手洗いなどには向かない。さらに、従来の消毒剤に比べて残留性が非常に低く、低濃度なので、環境に対する負荷もあったとしても微弱である。

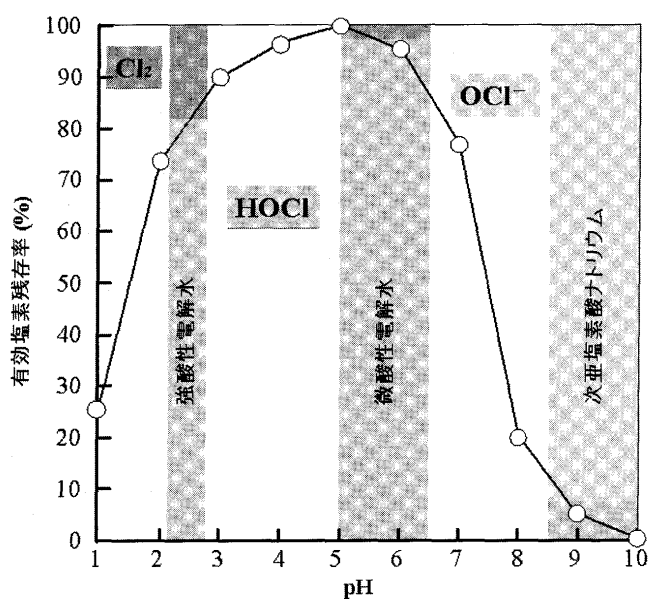


図3. 酸性電解水における次亜塩素酸（HOCl）の存在

4) 食品分野における有効使用法¹⁴⁾

酸性電解水（次亜塩素酸水）は、食材洗浄、手洗い、調理器具および調理施設の洗浄消毒に使われている。使用上のキーポイントは、有効塩素濃度をチェックしてから使用すること、有機物汚染の多い場合は予め汚れを除去してから使用すること、流水洗浄することである。食材の洗浄に関しては、原則的には使用対象に制限はないが、酸性電解水で洗浄の後に水道水などの飲用適の水で濯ぐことになっている。なお、水道水で濯がなくても食材には塩素臭や塩素の残留はほとんど認められない（0.5 ppm未満¹⁵⁾。これに対して次亜塩素酸ナトリウム液で処理（浸漬）した場合は、食材に塩素臭と塩素の残留が認められ、それを除くために多量の水で濯ぐ必要がある。したがって、酸性電解水での洗浄の方が節水になることが知られている。

強電解水企業協議会（メーカー団体）では、強酸性次亜塩素酸水と微酸性次亜塩素酸水の使用マニュアルを発行している¹⁴⁾。

使用法に関する最近の話題は、強アルカリ性電解水と強酸性電解水の併用による洗浄消毒効果である。強酸性電解水生成の際に同時生成する強アルカリ性電解水（表1）は、希薄な（0.02%以下）のカセイソーダ（ NaOH ）と同質性があり、油脂の乳化能や蛋白質の分解能に加えて剥離効果を示す。それゆえ、強アルカリ性電解水で有機物汚れを除去してから強酸性電解水で洗浄消毒すると殺菌効果が向上する。この併用法は、内視鏡の洗浄消毒の薬事認可取得をもたらし、調理器具や施設の洗浄消毒に活用されている。ノロウイルス対策にも活用できる¹⁶⁾。

さらに、衛生的手洗いに応用された。すなわち、強アルカリ性電解水15秒に続いて強酸性電解水が15秒連続的に蛇口から流出するシステムを用いて、異なる3施設において菌と汚れの減少について擦式アルコール製剤および石鹸による方法との比較が行われた。その結果、図4に示すように^{13,17)} 電解水洗浄では菌と汚れが顕著に減少することが確認された。一方、アルコール製剤擦式では菌は減るが汚れは落ちず、石鹸・水道水手洗いは汚れの減少は顕著だが、菌の減少が比較的少ないことが認められた。強アルカリ性電解水と強酸性電解水の組合せによる手指洗浄は食品分野において有用性が高いと評価された⁶⁾。さらに、コンピューター管理により手洗い時間のムラの解消と手洗いの自動記録が可能な手洗いシステムが開発されている。

4. おわりに

以上のように、酸性電解水（次亜塩素酸水）を用いての洗浄消毒は人にも環境にもやさしく効果的な技術として有用性の評価が高まっており、公的にも食材洗浄（文部科学省「調理場における洗浄・消毒マニュアル」）や衛生的手洗い（日本食品衛生協会「2009年度食品衛生指導員巡回指導資料」）が取上げられるようになったわけである。今後、

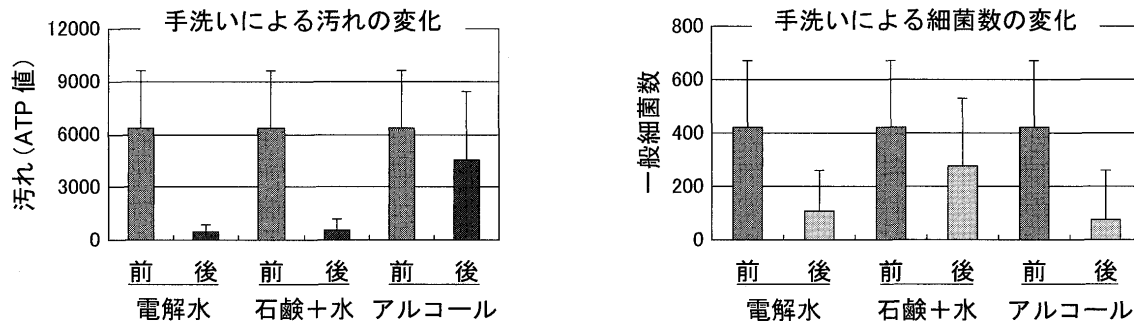


図4. 強アルカリ性電解水と強酸性電解水との併用による衛生学的手洗いと効果

包括的成分規格の策定、製造機器や使用法の改善などが進められることによって次亜塩素酸水が社会インフラとして普及していくことが期待される。製造装置や電解水をめぐる更新情報は、(財)機能水研究振興財団のホームページ (<http://www.fwf.or.jp>) から得られる。

文 献

- 堀田国元 (2002), 日本機能水学会の設立と展望, 日本機能水学会誌, 1, 3-6
- 強電解水企業協議会 (1999), 強酸性電解水の規格基準 (医療編)
- 強電解水企業協議会 (2006), 強酸性電解水による内視鏡洗浄消毒マニュアル
- 厚生労働省 (2002), 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
- 文部科学省スポーツ・青少年局学校健康教育課 (2009), 調理場における洗浄・消毒マニュアル, Part I, p.19
- 日本食品衛生協会 (2009), 2009年度食品衛生指導員巡回指導資料, p.11
- 糸川嘉則 (2004), 飲用アルカリ性電解水 (アルカリイオン水) 研究の流れ, 日本機能水学会誌, 2, 59-64
- 厚生労働省 (2009), 平成21年8月19日薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会乳肉水産食品部会議事録
- (財)機能水研究振興財団学術選考委員会編 (2001), 電解水ガイド2001, (財)機能水研究振興財団
- 堀田国元 (2007), 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), 9-15
- 厚生労働省医薬局食品保健部基準課 (2002), 新しい殺菌料・酸性電解水, 食と健康, No. 544, pp.12-17
- 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 (2007), 強酸性電解水の有用性と信頼性, (財)機能水研究振興財団
- 堀田国元 (2009), バイオセーフティ実験室における手洗い, バムサ会誌, 21(1), 6-12
- 強電解水企業協議会 (2002), 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用) および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用)
- 食品安全委員会 (2007), 添加物評価書「次亜塩素酸水」, 1-8
- (財)機能水研究振興財団電解水評価委員会編 (2007), ノロウイルス対策と電解水
- 左官愛野, 西島基弘 (2008), 電解水の手洗い効果, 医工学治療, 20(1), 24-29