

微酸性電解水

＝微酸性電解水の利点と用途＝

(株)微酸研

土井 豊彦

微酸性電解水

微酸性電解水の利点と用途

(株)微酸研 土井 豊彦

● はじめに

著者が微酸性電解水（微酸性次亜塩素酸水）を発明したのは1996年の夏で、同年の11月に特許出願している。当時巷では食塩溶液を隔膜式電解槽で電解し、陽極室で生成される所謂強酸性電解水が「超電位水、超酸化水」等々の名前で賑やかに取り沙汰されていた。そのような中で、工業レベルで使用可能な、安全で効果的な殺菌剤を求めて開発したのが微酸性電解水である。その後、2002年に食品添加物⁽¹⁾の指定を受けた。開発当初は乳製品工場で生産設備の殺菌に使用することを目的としていたので、 Na^+ イオンや K^+ イオンが含まれると、ステンレス材にも発錆を助長すること、乾燥残留物が機器の表面を汚し、それを防ぐために濯ぎが必要になり、水や時間の浪費が増えること等から、乾燥固形物を含まない原料を選ぶ必要があった。さらに水の無駄をなくすために、原料水全てが殺菌用水となることも重要な要件であった。そのような要件を満たすために、希塩酸を無隔膜電解槽で電解する方法に着想し、微酸性電解水の誕生となったわけである。唯一の原料である塩酸は塩素ガスから作られ、極めて純度が高いため、塩に由来する臭素酸を含まず、使用時にその場で生成されるので、次亜塩素酸ソーダのように保存中に生成される塩素酸を含まないのが大きな長所である。さらに微酸性電解水を生成する電解槽はシンプルな構造であり、標準的な材料を使用できるため、生成

能力に応じた装置の製作は容易である。

● 殺菌効果と仕組み

各種の微生物に対する効果の確認は各所で行われており、ほぼ全ての微生物に対して実用的な効果が報告されている⁽²⁾。ただし、微生物の種や形態によって、殺菌に必要な微生物細胞当りの有効塩素の絶対量は大きく異なるようである。著者が、既知量の次亜塩素酸分子を含んだ溶液と既知数の微生物を使って行った殺菌試験で、死滅した微生物数と消費された次亜塩素酸量から計算した値⁽³⁾から推定すると、例えば大腸菌細胞1個を殺滅するのに必要な遊離次亜塩素酸分子の相対量を1とすると、ブドウ球菌 (*Staphylococcus aureus*) では4、酵母 (*Saccharomyces* sp.) では30、細菌芽胞 (*B. subtilis*) では200となる。一方、実際の殺菌では、この分子数を大きく上回る分子数を含んだ微酸性電解水が使われるので、必要な殺菌時間はその数の分子が微生物体内部に浸透し作用部位に到達するのに要する時間の違いとなって表れていると推測される。また、微酸性次亜塩素酸による殺菌効果は温度依存性が大きいことが分かっており⁽³⁾、遊離次亜塩素酸分子の微生物体内への拡散速度との関連を示唆している。特に細菌芽胞は内部が半乾燥状態になっているとの説⁽⁴⁾があり、それが分子状次亜塩素酸の拡散速度を削いでいるとも推測される。

一方、顕微鏡下で、鞭毛等の運動器

官を持ち、活発に動き回っている細菌に微酸性電解水を掛けると、水と接触した瞬間に、恰も水入りゴム風船が破裂するように、内部から液体が溢れ出るような状態を観察できる場合があり、瞬時に細菌の運動は止まる。このことから、細菌の膜構造の物理的破壊も殺菌作用の一つであることも推測される。一方、芽胞の場合はこのような現象は観察できず、外見的に明瞭な変化は見られない。それでも実際殺菌されることから、次亜塩素酸は芽胞の外壁を通過浸透しているものと考えられる。このような殺菌機構の違いが、栄養細胞と芽胞の殺菌時間に差が見られることの主な理由と考えられる。このように、微酸性次亜塩素酸水による殺菌の作用機構は単一ではなく、複数の機構が組み合わされて効果をもたらしていると考えられる。中でも、生命維持の基本物質である核酸や酵素等の変性破壊も起きていることも推定され、それら複数の作用機作が微酸性電解水の殺菌スペクトルが広いことの一つの理由ではないかと推察している。そして、そうであれば、耐性菌出現の可能性は低いとも考えられる。

● 安全性の向上

微酸性電解水は、食品工場をはじめ医療介護施設、スポーツ施設、動物飼育、その他人の生活に密接した衛生管理に使用されるので、安全性は極めて重要である。もちろん食品添加物に指定されているので、基本的に安全確認

は済んでいるが、使用する人が使用場所で生成して使うものなので、原料となる水及び原料塩酸の品質や濃度、生成装置の材質、構造、生成条件の管理は極めて重要である。さらに、食品や食品が接する機器の殺菌に使われることが多いので、生成水自体が有効塩素濃度以外の項目で、飲用適の水質基準を満たしていなければならない。そこで、所謂電解水と呼ばれている殺菌剤で注意が必要な事項について説明する。

(1) 塩素酸

水質基準項目の中で注意を要するものの一つは塩素酸である。塩素酸は、赤血球毒物質で、水道水質基準では0.6 ppm以下と規定されている。塩酸や食塩等を塩素イオン源として電気分解し電解水を生成する場合、電極の触媒物質にも依存するが、塩素酸の発生電圧と単体塩素（次亜塩素酸の素材）の発生電圧は比較的近く、正確な電圧制御が求められる。つまり、電極の設計に当たって最も重要なことは塩素の発生効率を高くし、塩素酸の発生を回避するように、触媒物質を選び、さらに適正な電解電圧を選ぶことである。その他にも、電流密度、塩酸濃度、電極間隔など複数の要因が影響するので、綿密な試験に基づいて電解槽と電解条件の設計をする必要がある。

(2) 臭素酸

塩酸のみを原料としている場合は臭素酸の問題はないが、最近、食塩と塩酸を原料としたものも食品添加物として認められている。その場合、原料の食塩には臭素が常在成分として含まれているので、それを電解して微酸性電解水を生成すると臭素酸が生成される。臭素酸は、IARCでは「発癌の可能性あり」に分類されており、米EPAでも「恐らく発癌物質である」としている。さらに日本の水道法では臭素酸として10ppb以下と規定されている。しかし、前述の通り、臭素は塩の常在成分であり、並塩では380～1,200ppm、精製塩

でも25～83ppm含まれている。したがってそれを原料として微酸性電解水を製造した場合、含まれていた臭素は毒性のある臭素酸に変化する。仮に、塩酸と食塩を塩素量で等量混合したものを原料として、有効塩素濃度50ppmの微酸性電解水を製造すると、所謂「精製塩」を使った場合でも5～16ppbの臭素酸を含むことになる。また、並塩を使ってしまうとその10倍以上の含有となつて危険である。したがって、食の安全を目的として次亜塩素酸ナトリウムに替わるものとして登場した微酸性電解水としては、純粋な塩素源としての塩酸のみか、やむなく食塩を使う場合は、電解水用に特別に精製された、臭素フリーの食塩を使う必要がある。

● 効果及び利点を最大にする使用方法

微酸性電解水の特徴は、従来の殺菌剤と比較して、殺菌スペクトルが広く、安全性が高いこと及び固形物を含まない（塩酸のみを原料とするもの）ことである。その理由は、殆どの微生物種に対して殺滅効果を示す分子状次亜塩素酸が唯一の殺菌主体であることと、有効成分の濃度が低くても十分な効果があるためである。そしてこの利点を最大限に引き出す使い方は、できるだけ低い有効塩素濃度で洗い流すような使い方である。そのような使い方をすると、食材を殺菌した場合、殺菌後短い時間で食材から有効成分は検出されなくなり、濯ぎ水は殆ど不要になる。それによって、水の使用量は削減され、濯ぎ作業による再汚染の危険性がなくなり、さらに作業工数の削減、排水量の削減にもなる。特に殺菌対象が有機物の場合、オーバーフローやかけ流しで、水を動かしながら、消費された次亜塩素酸が速やかに補給される状態にしないと、対象物に接触している部分の分子状次亜塩素酸は短い時間で分解され十分な効果が得られないことがあ

る。これは有効塩素濃度を高くしても同じである。このような使用法でも水の使用量削減、作業時間短縮、対象物に対するダメージ最少化等の効果は十分期待できる。

● 作業環境等の改善

微酸性電解水は、味、臭いは殆どなく、目への刺激や皮膚への刺激も殆どなく、素手で作業しても手荒れの心配もない。作業中に床面にこぼれた水も幾分殺菌効果を保持しているので、床の殺菌効果もあり、汚染を低減する。また、積極的に床の洗浄に使うことで汚れの蓄積によるカビや菌叢の発生を防ぎ、それらを餌とする微少昆虫の発生も防止できる。さらに清掃も楽になり、室内空気の菌数低減にも効果がある。また細霧を作業室内に噴霧することで空中浮遊菌の低減や、不快な臭気の除去もできる。これが可能なのは塩分を含まないためであり、塩分を含むものは、乾燥により塩分が析出するため、錆や汚れ、さらには電気障害の原因となるので注意が必要である。さらに微酸性電解水の廃水は特別な中和処理を必要とせず、そのまま微生物を利用する廃水処理場に流下しても、処理微生物に影響を与えない。したがって、微酸性電解水の廃水を、他の廃水と分離するような設備は不要である。これは低い塩素濃度で使用する微酸性電解水の副次的効果である。

● おわりに：今後の展望

現在は、食品業界を中心に導入が進んでいるが、上述のように、対象や環境に危害を与えるような要因が殆どなく、さらに殺菌スペクトルが広いことから、今後他の分野でも有効に利用される可能性がある。さらに、あらゆる衛生管理に利用できるため、複数の薬剤を管理する煩わしさがなく、使用目的の違いもなく、作業も単純で効果的な利用ができる。そこで、想定され

る主な分野での使用形態や効果、利点を例示する。

(1) 農業（特定農薬指定）

作物被害の防止対策として、播種前の種子の殺菌、植物体の殺菌、収穫物の殺菌等の使い方が考えられる。特に収穫物の殺菌は、通常の農薬や農業用殺菌剤は残留の恐れがあり使用できないが、食品添加物に指定されている微酸性電解水は安心して使用できる。種苗の殺菌に使用した後の廃液も、無害化や希釈等の必要はなく自由に廃棄できる。さらに観光農園のように、人が入場し、観光や収穫を楽しんでいる場所でも自由に使用できるという利点もある。観光農園では収穫物をその場で食べることも多いが、そのような時も食中毒などを心配せずに楽しめるので、それをアピールした集客もできる。

(2) 被災地支援

被災地では、衛生管理が極めて重要にもかかわらず困難が伴うことが多い。微酸性電解水は災害地で必要とされる衛生管理の全てに対応できる。食品の衛生管理、体の洗浄、避難所等の衛生管理、さらに夏場であれば、避難所で微酸性電解水を細霧噴霧することにより、冷房と室内の清浄化及び脱臭を同時に行うことができる。他に、復旧支援者の衛生管理や傷口の衛生的洗浄、体の清拭用水として使用し、傷の感染や汗臭の除去などができる。微酸性電解水生成装置、発電機、ポンプ、原水タンク等一式を搬送車にセットしておくと、機動性良く現場対応を速やかに開始できる。

(3) 医療・介護施設

患者や老人など疾病耐性の弱い人が集まる場所で、感染症の蔓延を防止するツールとして有効に使用できる。用途は、居住空間全般において、微酸性電解水の噴霧あるいは清拭によって疾病の感染源を絶つ方法がある。厨房では、食材、食器の殺菌、床壁の清掃水として、さらに、トイレの清掃等に使用

して感染源を絶ち、安全で清潔な環境を維持するのに有効にかつ安全に利用できる。

(4) レジャー施設・水浴場

いずれも食事を提供する施設があり、しかも大勢の人が集まるので、集団食中毒のリスクは高く、厨房を含めた衛生管理は重要である。微酸性電解水を重要ポイントで利用することにより効果的で効率の良い衛生管理が可能である。一方、水浴場では、大腸菌等の汚染菌数が規準値近くになり遊泳用として好ましくないとされる事態が起きる場合もあるようである。そのような場合、海水そのものを微酸性電解水生成装置に通すことで、菌数低下効果にも利用できる。この場合、海水そのものを電解するわけではないので、海水に含まれる成分の電解による毒物生成の危惧はない。因みに環境省が平成30年に行った海水浴場、湖沼、河川の水浴場の調査結果では、全国の17%の水浴場で糞便性大腸菌数が100 mL当り400以上、1,000未満であったと報告⁽⁶⁾している。遊泳場の場合、微酸性電解水生成装置から排出される処理水の有効塩素濃度は1ppm未満で十分であるので、例えば時間当たり20 tの生成装置を使えば1時間で400 t以上の遊泳水を殺菌できることになる。遊泳水の臭いの一部も除去され、安全で快適な遊泳場が実現される。

(5) 動物園、畜産、養鶏

レジャー施設とほぼ類似した用法になるが、魚類以外の水棲動物には、池水の殺菌に使うこともできる。また陸上動物では獣体の洗浄、動物舎の洗浄や、噴霧使用によって、臭気の軽減除去に使える。動物の飲み水はすぐに汚染され、健康を害する原因にもなるが、低い有効塩素濃度の微酸性電解水を常時少量の流水として与えると、感染予防にもなる。また夏場は獣舎等で噴霧し冷却により、夏バテによる健康障害を避けることができる。

(6) バラスト水中の

汚染生物殺滅処理

貨物船が空船の時、船体のバランスをとるための水は採取地特有のプランクトンや微生物で汚染されている。それを荷積港で廃棄すると、外来生物の拡散の原因となる。そこで荷積み港に向かって航行中にバラスト水を低濃度微酸性電解水に変え、全てのプランクトンを殺滅すると、荷積み港で安全に排水することができる。また、別の態様としては、港湾に生成装置を設置し、出港までに滅菌された海水を積み込むようにもできる。

(7) 屋外冷却

夏場、公園、野外劇場、広場等解放状態の場所を冷房するために水の細霧を噴霧する方法が行われている。その噴霧用の水に微酸性電解水を使うと、配管中やタンク内で微生物が増殖する危険性を排除できて、安全で快適な屋外冷却ができる。

＜参考文献＞

- (1) 厚生労働省：厚生労働省令第75号、告示第212号（2002年6月10日）
- (2) 微酸性電解水協議会：微酸性電解水研究会講演要旨（2013年12月）
- (3) 土井豊彦：微酸性次亜塩素酸水、現場必携 微生物殺菌実用データ集、p.188、SCIENCE FORUM社（2005）
- (4) 入江良三郎：細菌胞子の抵抗性と発芽(1)、畜産の研究、第40巻、第11号、p.3（1986）
- (5) 環境省：平成30年度水浴場（開設前）の水質調査結果について（平成30年7月2日）

筆者紹介

土井豊彦

（株）微酸研

（旧社名 微酸性電解水研究所）

代表取締役 農学博士