

霧状電解水を用いた空気浄化技術

Air Purification Technology Based on Neutral Electrolyzed Water Misting Technique

鈴木 大輔* 吉田 茂樹* 森 好弘* 山本 哲也**
Daisuke Suzuki Shigeki Yoshida Yoshihiro Mori Tetsuya Yamamoto

要 旨

当社では電解水技術を応用した商品を種々開発してきた。近年、住環境における空気質への関心が高まっており、空気質改善に関する技術開発が望まれている。

我々はこれまで水中での利用に限られていた電解水を微細な液滴（ミスト）として空气中に放出する技術を開発し、空気浄化を試みた。その結果、空气中に存在する微生物（細菌やウイルスなど）やアレルギー物質あるいは生活臭気に対して高い抑制効果が確認された。

Abstract

We have developed various products based on the electrolysis technique. Recently, there has been an increase in concern over the air quality in the living environment, and accordingly the development of a technology to improve air quality is desired.

Up until now, the use of electrolyzed water has been limited to use in the form of a liquid. Meanwhile, we have developed a technique to release electrolyzed water in the form of fine droplets (mist) in the air and tested its capability to purify air. As a result, we have verified its superior effect in controlling airborne bioagents (bacteria and viruses), allergens, and odors in the living space.

[キーワード]

電解水, 霧化, ナノ, 除菌, 脱臭, 空気浄化

1. 緒言

近年、省エネルギーの観点から、住宅の高断熱化・高气密化が著しい。更に、空調技術も高度化しており、居住空間における快適性は年々向上している。

しかし、大気中には多くの浮遊物質が存在しており(図1)、住宅の密閉率上昇に伴い、壁面結露によるカビ汚染、あるいはタバコやペットなどの臭気といった新たな課題が浮上している。また、冬場のインフルエンザの流行や、ハウスダストや花粉などのアレルギー疾患の増加、建材から微量放散される揮発性化学物質(VOC)による健康被害など、我々の人体に関わる問題も懸念されている。

2003年7月に建築基準法が改正され、新築住宅に対して換気装置設置の義務づけと内装仕上げに使用する建築材料の使用制限が設けられた。このように行政も室内環境改善についての対策を施しているが、空気質に対する国民の関心は高く、安全で快適な空間に対するニーズ

は大きい。

これまで当社では、水道水を電気分解することによって次亜塩素酸を生成し、安価で簡便そして安全に水を浄化する技術を開発してきた。これらの技術はすでに全自

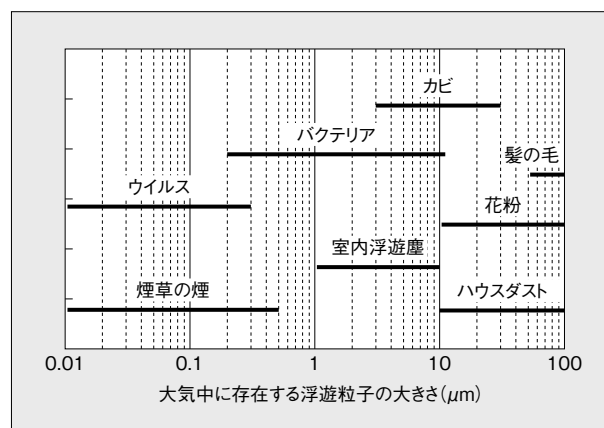


図1 大気中に存在する塵埃粒子の大きさ
Fig.1 Size of various aerosols

*ホームエレクトロニクスグループ HAカンパニー

Home Electronics Group HA Company

**イノベーショングループ 研究開発本部 ヒューマンエコロジー研究所

Innovation Group R&D Headquarters Human Ecology Research Center

動洗濯機や加湿器などの家電製品、あるいはカップ式自動販売機^{1), 2)} やプール水/循環式風呂水の殺菌浄化装置 (アクアクリンシステム)³⁾ などの産業機器に展開され、商品化されている。

このように優れた水浄化能力をもつ電解水であるが、その利用範囲は水中に制約されていた。そこで、我々はこの優れた電解水の特長を空間へも適用すべく、電解水を微細な液滴として空間へ放出する技術を開発したので報告する。

2. 電解水の生成原理と霧化技術

2.1 電解水の生成原理

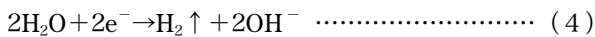
水道水中に含まれる塩化物イオンを利用して電解水を生成する。水道水の電気分解による次亜塩素酸の生成原理を図2に示す。

白金などの貴金属を表面に被覆したチタン電極を水道水中に浸漬し、直流電流 (I) を印加すると、陽極 (+極) と陰極 (-極) において主に次のような電極反応が起きる。

陽極:



陰極:



陽極表面では水分子及び塩化物イオンから電子が奪われ、それぞれ酸素ガス (O₂) 及び塩素ガス (Cl₂) となる。このうち塩素ガスは速やかに水と反応して次亜塩素酸 (HClO) が生成される。一方、陰極では水分子が電子を受け、水素ガス (H₂) が生成される。

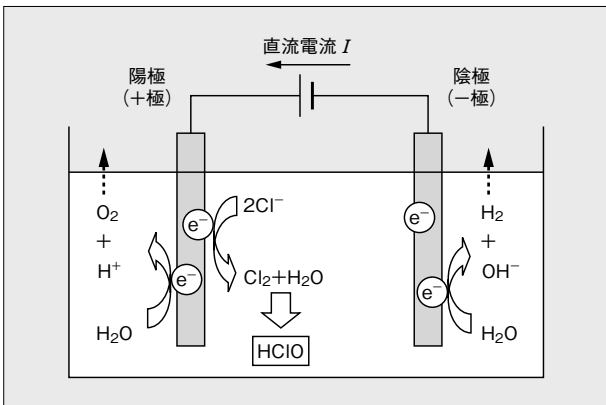


図2 電気分解の模式図
Fig.2 Schematic diagram of the electrolysis

また、水道水中には上記のイオン以外にも様々なイオン成分が含まれている。なかでもカルシウムイオン (Ca²⁺) やマグネシウムイオン (Mg²⁺) などのスケール成分は電解時に陰極へ移動し、スケールとして析出する。電極表面にこれらのスケールが堆積すると、電解効率あるいは電極寿命に対し悪影響を及ぼす。そのため、水道水の電解では一定時間ごとに電流の向きを反転させ、スケールの堆積を防止している。

2.2 電解水の霧化ユニット

電解水霧化ユニットの構成を図3に示す。霧化ユニットは電解用電極と超音波振動子、ドームカバーそしてミストルームから構成されている。このドームカバーはミストルーム内に設置されており、ドームカバー下部にはわずかな隙間を開けている。

まず、水タンクから給水された水道水を水槽内で電気分解し、電解水を生成する。この電解水を超音波振動子によって霧化すると、数ナノオーダーから数十マイクロオーダーの様々な大きさの電解水液滴が生成される。このとき、小さな液滴ほど拡散しやすく、主にナノオーダーの液滴 (一部、マイクロオーダーの液滴を含む) がドーム下部の隙間からミストルームへ拡散し、滞留する。ミストルームには外部から気流を導入しており、滞留していた微細な電解水液滴は気流に乗り、吹出口から外部へ放出される。本ユニットではナノオーダーの液滴が多く存在し、室内を加湿しない程度の噴霧量 (30mL/h 以下) になるよう、ミストルーム及びドームカバーの構造設計を行った。また、ミストルーム内で滞留する“電解水の霧”にLEDを照射することにより、視覚的にも楽しめるように配慮した。

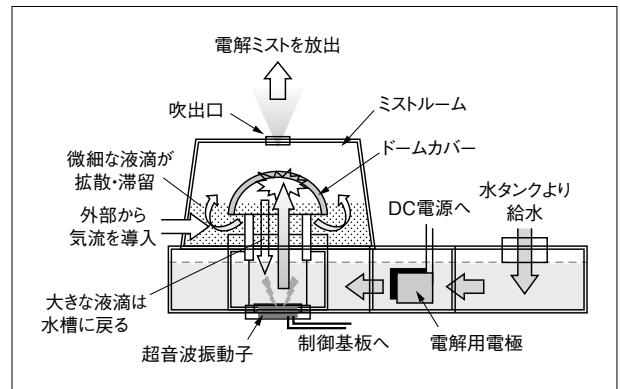


図3 電解水霧化ユニットの構成図
Fig.3 Schematic illustration of the fogging unit

3. 霧状電解水の物理的特性

3.1 電解ミストの液滴径分布

電解ミストの液滴径はナノオーダーからマイクロオーダーの広い範囲に及ぶ。一般に、数十マイクロオーダーの液滴は自重により落下してしまい、長時間空間に漂いつづけるのは困難である。しかし、ナノオーダー～数マイクロオーダーの微細な液滴は長時間空間に滞留しやすく、作用領域が広範になる。そのため、空気浄化を行う上ではこれらの微細な液滴の存在が重要になる。

3.1.1 測定方法

マイクロオーダーの比較的大きな液滴の場合にはパーティクルカウンタ（測定領域：0.3 μm 以上）を用いて液滴径分布を求めることができるが、光の波長よりも小さな粒子はパーティクルカウンタなどの光学的な手法では測定することができない。そこで、ナノオーダー領域の液滴径分布については、微分型静電分級器^(用語)（DMA、測定領域：10～200nm）及び凝集核計数器^(用語)（CNC）を併用した測定装置を用いた。各測定装置の構成を図4に示す。

3.1.2 測定結果

パーティクルカウンタによる測定結果を図5に、DMAによる測定結果を図6に示す。生成した電解ミストのうち、マイクロオーダーの液滴は0.3～5 μm という広い範囲の分布を示しており、単位体積あたりの個数は約200個/ cm^3 である。一方、ナノオーダーの液滴では50～60nmくらいにピークがあり、単位体積あたり約75万個/ cm^3 の液滴（マイナス帯電液滴40万個、プラス帯電液滴35万個）が存在している。

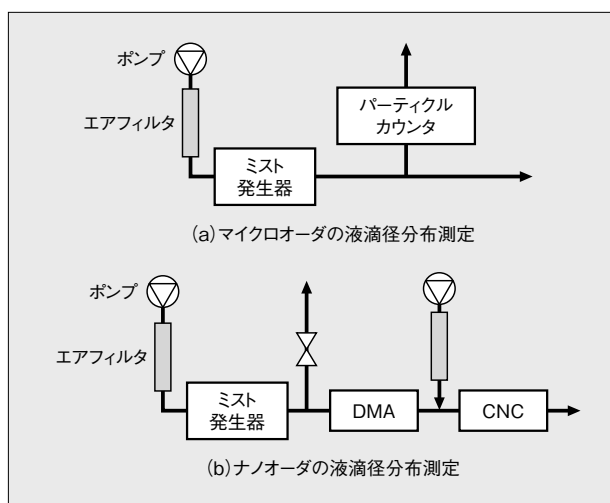


図4 液滴径分布測定に用いた装置構成図
Fig.4 Construction of the measurement system for a droplet size

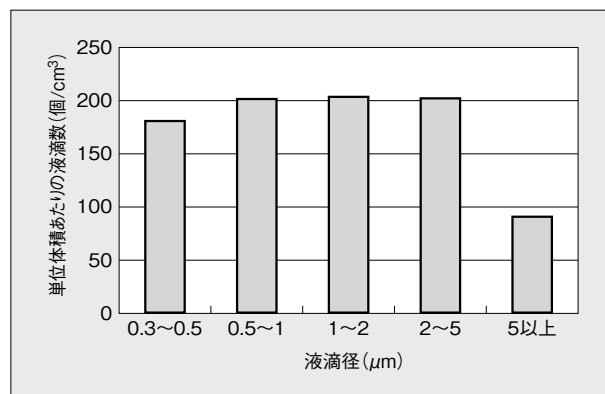


図5 パーティクルカウンタによる液滴径分布
Fig.5 Distribution of a droplet size measured by Optical Particle Counter

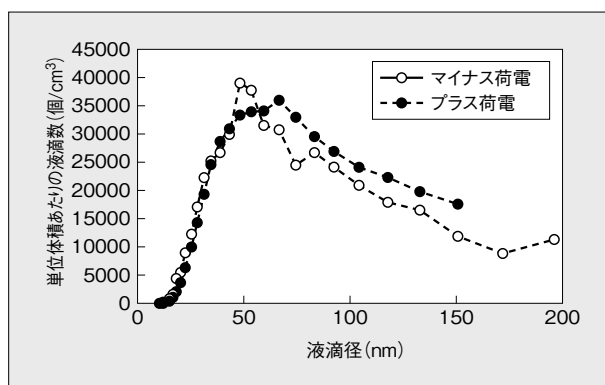


図6 DMAによる液滴径分布
Fig.6 Distribution of a droplet size measured by DMA

このように、生成された電解ミストには様々なサイズの液滴が混在しているが、単純に比較するとナノオーダーの液滴数はマイクロオーダーの4000倍以上も存在している。

4. 検証実験

電解水中に含まれる活性酸素種（主に次亜塩素酸）は高い酸化力をもっており、水中にいる微生物（細菌、カビ、ウイルスなど）に対して殺菌効果があることは従来から知られている。しかしながら、電解水を空間へ噴霧した場合、浮遊している微生物や臭気などに対する効果について報告例がほとんどない。そのため、我々は以下に示す検証実験を実施し、各種効果を確認した。

4.1 浮遊細菌に対する除菌効果⁴⁾

4.1.1 検証方法

細菌を浮遊させるためのネブライザ（噴霧器）と浮遊細菌を回収するインピンジャ（液体捕集器）を設置した1m角の試験チャンバ（内容積1 m^3 ）にて評価を行った。供試細菌は黄色ブドウ球菌（NBRC12732）とした。この菌懸濁液をネブライザで一定時間噴霧し、チャンバ内

に細菌を浮遊させた。実験条件は、①残留塩素を含まない水を噴霧（水ミスト）、②電解水を噴霧（電解ミスト）とし、各条件とも10mL/hの割合でミストを噴霧した。電解ミストの遊離残留塩素濃度^(用語)は 10 ± 3 mg/Lに調整した。浮遊細菌の回収は30分ごとに120分まで行い、一回あたり10分間捕集した。生菌数の計測は平板塗抹法によって行った。また、試験終了後にチャンバ内浮遊細菌をHEPAフィルタで除去し、試験チャンバ底面の付着細菌数についても調べた。

4.1.2 検証結果

各条件における浮遊細菌数の経時変化を図7に示す。空気100Lあたり約 10^6 CFU^(用語)の細菌を浮遊させ、水ミスト及び電解ミストを連続的に噴霧したところ、水ミスト噴霧では120分後においてもほとんど浮遊菌数が低減しなかったのに対し、電解ミスト噴霧では30分後に 3.1×10^4 CFU/100L-air（除去率97.4%）、60分後に56CFU/100L-air（除去率99.99%以上）と指数的に減少した。また、試験終了時（150分後）に試験チャンバ底面の付着細菌数を調べたところ、水ミストでは100cm²あたり2000CFUの付着細菌が検出されたのに対し、電解ミストでは付着細菌が検出されなかった（100cm²あたり100CFU未満）。これは浮遊細菌が床面に落下したのではなく、確実に除菌されたことを示している。このように、電解ミストは浮遊細菌に対して高い除菌効果を発揮することが確認された。

4.2 浮遊ウイルスに対する感染力低減効果⁵⁾

4.2.1 検証方法

ネブライザとインピンジャを設置した1m角の試験チャンバ（内容積1m³）にて評価を行った。供試ウイルスとして、インフルエンザウイルス（PR-8株）を用いた。ウイルス懸濁液をネブライザで30分間噴霧し、一定量のウイルスをチャンバ内に浮遊させた。チャンバ

内はファンで攪拌し、均一に浮遊するようにした。実験条件は、①ミスト噴霧無し、②残留塩素を含まない水を噴霧（水ミスト）、③電解水を噴霧（電解ミスト）の3条件とした。水ミストあるいは電解ミストの噴霧はウイルス液の噴霧と同時に行い、約3mL/hの割合でミストを放出した。電解ミストの遊離残留塩素濃度は約5mg/Lになるように制御した。浮遊ウイルスの回収は開始30分後から行い、インピンジャにて10分間捕集した。回収したウイルスの感染力価はMDCK細胞^(用語)を用いたTCID₅₀^(用語)法によって求めた。

4.2.2 検証結果

図8に電解ミスト噴霧によるインフルエンザウイルス感染力価の変化を示す。図8の縦軸は「ミスト噴霧なし」に対するウイルス感染力価の残存率を示しており、グラフ中の数値は回収したウイルスの感染力価（対数値）を示している。

ミスト無しの条件では回収したウイルス液の感染力価が6.40であったのに対して、電解ミスト噴霧での感染力価は4.06（ウイルス除去率99.5%）であった。一方、残留塩素を含まない水ミストを噴霧したときは感染力価が5.48（ウイルス除去率88.0%）であった。このように、水ミストの噴霧によっても若干の感染力価低減があるが、電解ミストを噴霧することにより更に大きくインフルエンザウイルスの感染力を低減できることが確認された。

4.3 アレルゲン物質の抗原性低減効果

季節あるいは時間帯によっては住環境空气中に微量のアレルゲン物質が浮遊することがある。これらの浮遊したアレルゲンは我々の健康に影響を及ぼすことが懸念されるため、これらのアレルゲン物質に対する電解ミストの低減効果検証を試みた。ここでは一例として住環境の主要アレルゲンの一つであるスギ花粉アレルゲンについ

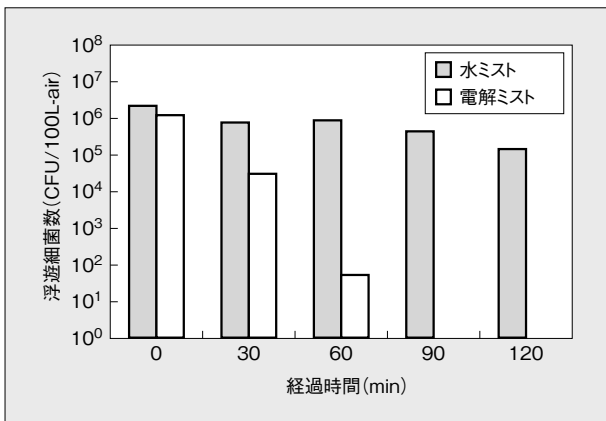


図7 浮遊細菌数の経時変化
Fig.7 Effect of time on the number of floating bacteria

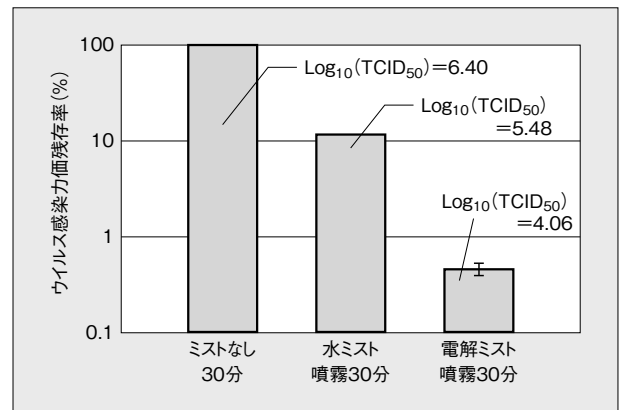


図8 電解ミスト作用後のインフルエンザウイルス感染力価
Fig.8 Influenzavirus infection dose by TCID₅₀ method

ての結果を示す。

4.3.1 検証方法

実験には65cm角の試験チャンバ（内容積0.275m³）を使用した。チャンバ中央に電解水霧化ユニットを設置し、ユニット上方10cmの位置に精製スギ花粉アレルゲンを付着させた綿棒を静置した。実験条件は、①残留塩素を含まない水を噴霧（水ミスト）、②電解水を噴霧（電解ミスト）の2条件で行った。ミストの噴霧は約30mL/hの割合で行い、最大3時間行った。綿棒1本あたりのアレルゲン付着量は2μgとし、電解ミストの遊離残留塩素濃度は100mg/Lに調整した。これは浮遊アレルゲンを想定した場合のアレルゲン量と遊離残留塩素濃度の比率を考慮している。曝露後の綿棒は速やかに牛血清アルブミンを加えたリン酸緩衝液で一晩抽出した。抽出液中のアレルゲン量を酵素免疫法（ELISA法）^(用註)にて定量し、綿棒上に残存していたスギ花粉アレルゲン量を算出した。

4.3.2 検証結果及び考察

スギ花粉アレルゲン量の推移を図9に示す。水ミストを噴霧した場合、最大3時間経過後も付着スギ花粉アレルゲン量の低減はほとんど認められなかったのに対し、電解ミストを噴霧した場合には大きく低減しており、1時間及び3時間における付着スギ花粉アレルゲン量（Cryj 1）はそれぞれ55%、95%低減していたことが確認された。

4.4 生活臭気に対する脱臭効果

住環境において生活臭気は身近な問題の一つである。電解水は臭気物質との反応性も高く、高い脱臭効果が期待できる。そこで、各種臭気ガスに対する電解ミストの脱臭効果検証を実施したが、ここではその一例として、ペット臭の臭気成分でもあるメチルメルカプタンについて

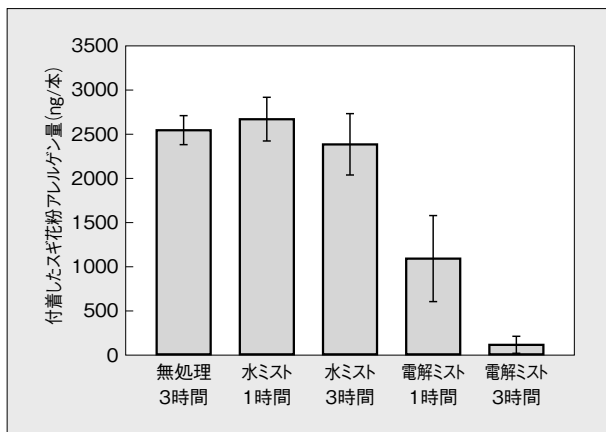


図9 精製スギ花粉抗原量の経時変化

Fig.9 Effect of time on amount of purified cedar pollen allergen (Cryj 1)

ての検証結果を示す。

4.4.1 実験方法

実験には65cm角の試験チャンバ（内容積0.275m³）を使用した。実験は①残留塩素を含まない水を噴霧（水ミスト）、②電解水を噴霧（電解ミスト）の条件で行い、噴霧を最大2時間行い、チャンバ内におけるメチルメルカプタン濃度の経時変化を測定した。電解ミストは遊離残留塩素濃度10±1mg/Lに調整した電解水を毎時12±2mLの割合で放出した。初期メチルメルカプタン濃度は約1.5ppmに調整し、メチルメルカプタン濃度は市販のガス検知管にて計測した。

4.4.2 検証結果

メチルメルカプタン濃度の推移を図10に示す。残留塩素を含まない水ミストを噴霧した場合にはメチルメルカプタン濃度が低減しないのに対し、電解ミスト噴霧によって有意に濃度が低減していくことが確認された。このように、電解ミストは一般の生活臭、特に還元性の臭気に対して高い脱臭効果があることが確認されている。

5. 安全性

電解水の安全性については、強酸性電解水の分野で多くの検討がなされており、各種安全性試験に対して毒性が低く、刺激性も弱いと報告されている⁽⁶⁾⁷⁾。一方、当社で利用している中性～弱アルカリ性の電解水については、一般的に食品添加物として認可されている「次亜塩素酸ソーダ」の希釈液と同様の安全性と考えられている。今回、我々は電解水としての安全性及び電解水を霧化した場合の安全性について評価した。

5.1 電解水の皮膚一次刺激性及び皮膚感作性^(用註)

5.1.1 実験方法

遊離残留塩素濃度を11±1mg/Lに調整した電解水について、ウサギを用いた皮膚一次刺激性試験及びモル

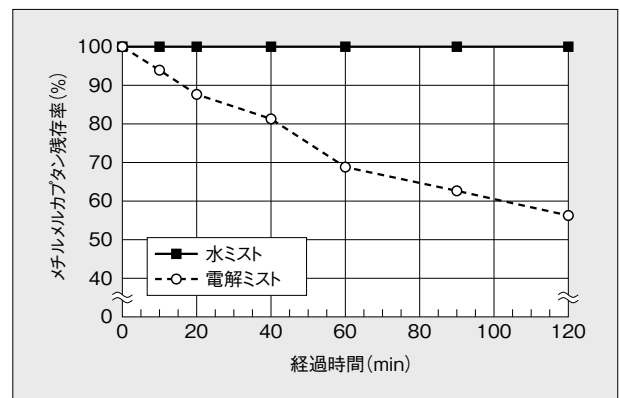


図10 メチルメルカプタン濃度の経時変化

Fig.10 Effect of time on residual rate of methylmercaptan

モットを用いた Maximization 法による皮膚感作性試験を実施した。

5.1.2 実験結果

皮膚一次刺激性については、Federal Register (1972) に準拠して求めた一次刺激性インデックス (P.I.I.) は0.3 となり、供試電解水は「無刺激性」の範疇に入ると評価された。また、皮膚感作性についても「皮膚感作性を有さない」と結論づけられた。

5.2 電解ミストの吸入毒性⁸⁾

5.2.1 実験方法

実験には7週齢のウィスター系SPFラットの雌雄各24匹計48匹を使用した。1群雌雄各6匹ずつの4群に分け、そのうちの1群を対照群とし、3群を電解ミスト吸入群とした。すべてのラットには同じ飼料を給餌し、飲料水は対照群の1部を除きすべて蒸留水を用い、給水は給水ビンによる自由摂取とした。各群に対する電解ミストの噴霧条件を表1に示す。電解ミストはラット飼育装置内へ一定の風量で供給し、飼育室の温度は24±1.5℃とした。実験期間は90日間とし、週に一度体重測定を行った。また、90日経過後、すべてのラットについて採血を行い、血液一般検査と血液生化学検査を実施した。また、全例について解剖し、気管・気管支・肺等についてはヘマトキシリン-エオジン染色組織標本作製し、組織学的検査を行った。測定結果は統計学的処理を行い、対照群と各群の有意差検定を行った。有意水準^(用註)は5%とした。

5.2.2 実験結果

実験期間中のラット体重の推移を図11に示す。実験期間中の動物の行動や外観は、対照群を含め各実験群においても良好であり、体重の推移も各実験群間で有意な差は認められなかった。

血液生化学検査、血液一般検査の各種検査項目において、全体として対照群との顕著な相違は認められなかった。対照群との値に相違が認められた項目に関しても電解ミスト濃度による依存性はみられず、異常な数値を示

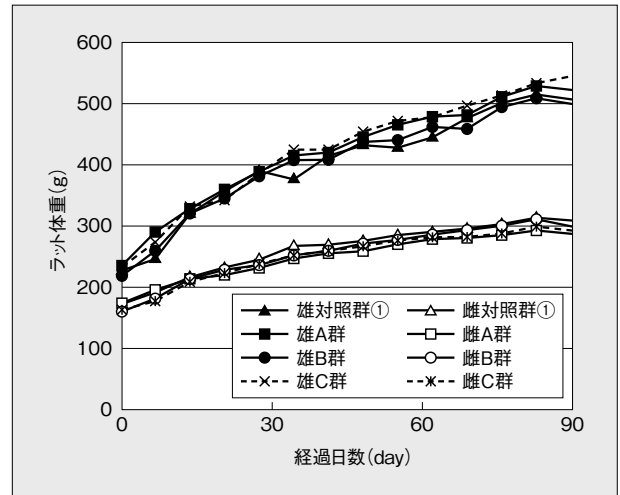


図11 ラット体重の推移
Fig.11 Body weight changes of rats

したものはなかった。解剖後の観察においても肺・肝臓・腎臓・胃等の主要臓器について異常は認められず、組織検査でも異常所見は認められなかった (図12)。

6. 結 言

既存の電解水技術はこれまで水の浄化に限られていたが、今回開発した電解水の霧化技術によって、空気浄化まで適用範囲を広めることが可能となった。各種検証実験の結果、ナノオーダから数マイクロオーダまでの幅広い分布を持つ電解ミストを空間へ放出することにより、菌やウイルス、アレルゲンなどの様々な室内浮遊物質あるいは室内臭気に対して効果的に作用することが確認された。また、どこの家庭にもある水道水を利用しているため、安全性も高く、環境にやさしい空気浄化技術であるといえる。このような空気質改善の試みは、一般の住環境に限らず、学校や保育施設などの教育現場、病院の待合室などの医療現場、そして多くの人々が利用するコミュニティー施設等においても更に重要になる。今後、長年培ってきた電解水技術を更に発展させ、安全で衛生的な生活空間を創造していきたい。

今回開発した電解水霧化ユニットは、当社空気清浄機<ABC-TM30>に搭載されている。

最後に、本電解水霧化技術の開発・評価を行うにあたり多大なるご協力いただいた、大阪府立大学、大阪医科大学、神戸大学医学部、岡山大学、群馬県衛生環境研究所、(社)北里研究所メディカルセンター病院医療環境科学センター、(財)北里環境科学センター他、大学、研究機関の関係各位に深く感謝する。更に、当社の関係各位にも深く感謝する。

表1 吸入毒性試験時の噴霧条件
Table 1 Fogging condition of inhalation toxicity test

	ユニット内の遊離残留塩素濃度	電解ミスト中の遊離残留塩素濃度	飼育室への送風量
	mg/L	μg/m ³ ·h	L/min
対照群	0	0	180
A群	10±5	2.3±1.2	
B群	65±15	15.0±3.4	
C群	125±25	29.0±5.8	

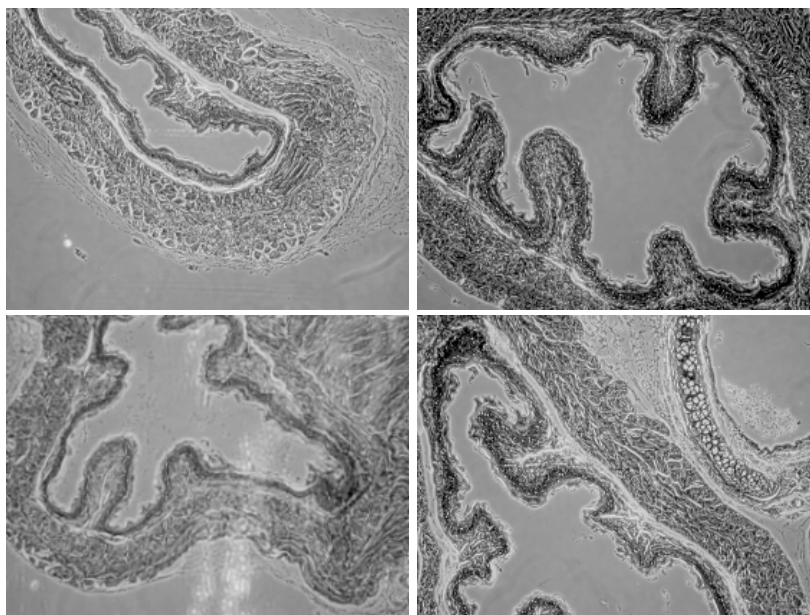


図12 吸入期間終了後の気管支粘膜組織 (左上:対照群, 右上: A群, 左下: B群, 右下: C群)
Fig.12 Micrograph of the bronchial mucosa tissue after electrolyzed water mist inhalation

用語解説

◆微分型静電分級器 (DMA)

電荷を帯びた微粒子の静電的な電気移動度の差を利用し、粒子径ごとに分級する。DMAは Differential Mobility Analyzer の略。

◆凝集核計数器 (CNC)

100nm より小さな粒子に水分を凝集させ、粒子数計測を可能にした光散乱式粒子計数器。CNCは Condensation Nucleus Counter の略。

◆CFU

生きた菌数を表す単位で、固形培地上に形成したコロニー数を計測して求める。CFUは Colony Forming Unit の略。

◆遊離残留塩素濃度

水中に遊離している次亜塩素酸 (HClO) 濃度を表す指標で、水道の衛生管理基準として使われている。pH に応じて Cl_2 、HClO、 ClO^- の存在比率が異なる。

◆MDCK細胞

イヌ腎臓上皮由来の培養細胞でインフルエンザウイルスに感受性を持つ。MDCKは Madin-Darby canine kidney の略。

◆TCID₅₀ (感染力価)

50%の確率で細胞に感染するウイルス量を表す単位。TCID₅₀は50% Tissue Culture Infective Dose の略。

◆酵素免疫法 (ELISA)

抗体が特定の物質と特異的に結合する性質を利用し、

抗体を酵素で標識し、抗体と結合する物質を検出する方法。ELISAは Enzyme-Linked Immuno-Sorbent Assay の略。

◆皮膚一次刺激性・皮膚感作性

化学物質が皮膚と接触したときの影響度合を表わす指標。皮膚刺激性は一時的な接触による皮膚障害の度合を表しており、皮膚感作性は長期間曝露された後の化学物質に対する過敏性の度合を表している。

◆有意水準

統計的仮説検定を行う際に帰無仮説を棄却するかどうかを判定する基準。有意水準5%とは、「5%の(過誤をおかす)危険率のもとで有意な差がある」ということを示している。

参考文献

- 1) 志水康彦：“自動販売機の衛生保持システム”，三洋電機技報，Vol.21, No.1, pp91-98 (1989)。
- 2) 志水康彦，近藤康人：“電気化学反応を利用した殺菌・除菌技術の開発”，食品機械装置，(1)，pp.82-89(2001)。
- 3) 中西稔，岸稔，稲本吉宏，黒河圭子，池上和男：“プール水の電解消毒“アクアクリンシステム””，三洋電機技報，Vol.33, No.2, pp.84-91 (2001)。
- 4) (財)北里環境科学センター：北生発174021/17_0079号。
- 5) (社)北里研究所メディカルセンター病院 医療環境科学センター：00417。

- 6) 岩沢篤郎, 中村良子: “強酸性電解水の抗菌活性と安全性”, 防菌防黴, Vol.27, No.7, pp.449-462 (1999) .
- 7) 電解水ガイド2001: (財) 機能水研究振興財団.
- 8) 川村美由紀, 吉田茂樹, 田村敏裕, 岡 久雄, 倉林讓: “ラットにおける電解水ミスト吸入による血液一般、生化学値及び気道内組織に及ぼす影響”, 実験動物と環境, Vol.13, (1), pp.51-56 (2005).

著 者 紹 介



スズキ タイスケ
鈴木 大輔 1997年入社。家電製品における抗菌・除菌技術の開発に従事。現在、ホームエレクトロニクスグループ HAカンパニー 冷蔵庫統括ビジネスユニット 新事業企画ユニット 企画開発部 主任研究員。日本防菌防黴学会、日本アレルギー学会会員。



ヨシダ シゲキ
吉田 茂樹 1990年入社。知的制御技術の開発、洗濯機の開発設計を経て、家電要素技術の開発に従事。現在、ホームエレクトロニクスグループ HAカンパニー 経営企画室 環境開発ビジネスユニット 要素技術部 主任技術員。日本エアロゾル学会会員。



モリ ヨシヒロ
森 好弘 1994年入社。除湿機等の設計を経て、空気清浄機の設計に従事。現在、ホームエレクトロニクスグループ HAカンパニー 生活家電統括ビジネスユニット 生活家電ビジネスユニット 生活家電技術二部 主任技術員。



ヤマモト テツヤ
山本 哲也 1992年入社。食品、空調機器用 HFC 冷媒の技術開発を経て空気浄化技術の開発に従事。現在、イノベーショングループ 研究開発本部 ヒューマンエコロジー研究所 バイオエコロジー研究部 主任研究員。におい・かおり環境協会会員。