

# アルカリイオン整水器用電解槽の長寿命・省電力化

## Longer Life and Power Conservation of Electrolytic Cell for Alkaline Ionized Water Apparatus

山本 泰士\* · 白水 久徳\*\* · 田中 喜典\* · 才原 康弘\*  
Yasushi Yamamoto Hisanori Shiro-uzu Yoshinori Tanaka Yasuhiro Saihara

アルカリイオン整水器において、電解槽内の電極のめっき材料を従来の白金から酸化イリジウムを40～80%混合したものに変更することにより、4～7倍の長寿命化と約10%の電極コスト低減を達成した。

また、流路出口幅を広げて水道水電解で問題となるカルシウムスケール付着による閉塞の抑制と、電極間距離を15%狭めたことによる電圧低減で15%の省電力化を実現している。

さらに、電源や筐体の小型化の効果等も合わせて、開発した整水器は従来品に比べて15%小型化を達成している。

In the design of Alkaline Ionized Water Apparatus, an electrode service life extended by 4-to 7-fold and a cost reduction by approx 10% have been achieved by changing the plating material of the electrodes in the electrolytic cell from the previous platinum to a 40-80% mixture of iridium.

In addition, suppression of flow path clogging often caused by attachment of calcium scale after electrolyzing tap water was solved by expanding the water outlet width, and the power conservation by 15% has been achieved by reducing the applied voltage after reducing the distance between the electrodes.

As a result, the developed Apparatus is compact in size by 15% compared with the previous model combined with the compact-sizing effect of the power supply and enclosure.

### 1. ま え が き

アルカリイオン水（アルカリ性電解水）は水道水や井戸水などを電気分解した際に陰極側で生成される水であり、胃腸症状に対して効果がある。また家庭用電解水生成器（以下、アルカリイオン整水器と記す）は、1965年から厚生労働省の医療機器承認を受けて販売されている。さらに1992年からは、アルカリイオン整水器検討委員会によってアルカリイオン水の安全性と有効性に関する再検証活動が行われ、胃腸症状を対象とする二重盲検比較臨床試験の結果、有効性ありとの結論が第25回日本医学会総会で示されている。ほかにも1992年から毎年開催されている日本機能水学会や日本体力医学会等において、多くの研究成果が報告されている。

アルカリイオン水の胃酸過多症等への効果については、水が電気分解されることによるpHのアルカリ側への変化と、それに伴い生成される水酸化カルシウムが要因として考えられている。また水の電気分解により生成する溶存水

素の活性酸素に対する還元性も効果の要因として考えられている。筆者らも、胃粘膜障害に対する有効性の検証<sup>1)</sup>、パーキンソン病モデルマウスを用いた脳神経への効果検証<sup>2)</sup>、長期飲用における急性運動負荷に伴う酸化ストレスマーカーの変動への影響<sup>3)</sup>等の研究成果を報告している。

また、アルカリイオン整水器の性能としては、国内外のさまざまな水質の水道水に対してpHと水素に関する値が つねに安定した水を提供できることが必要であり、これを主眼に置いて技術開発や製品開発を行っている。これまでに、電解時のpH変化に関する水質依存性<sup>4)</sup>、固体高分子膜電解槽を用いた新しい電解技術<sup>5)</sup>、電解時に生成する水素ナノバブルの特性<sup>6)</sup>等についても報告している。

アルカリイオン整水器の水を電解する部位は電解槽と呼ばれ、その中には3～7枚の電極板が互いに平面が向き合うように3～5mmごとの間隔で設置されており、その間のほぼ中央に電解隔膜が設けられている。電極板の材料はJISに準拠する必要がある、食品衛生法に基づく材料が用いられる。当社では、チタン基材上に白金をめっきまたは

\* 電器事業本部 電器R&Dセンター Research & Development Center, Home Appliances Manufacturing Business Unit

\*\* 電器事業本部 アクア・デバイス事業部 Water Processing Products & Devices Division, Home Appliances Manufacturing Business Unit

焼成等で被覆した金属電極を用いている。これらの電極は工業電解分野では1960年代から海水の電解に用いられており、不溶性のものとして非常に長い実績を有している<sup>7)</sup>。

しかし、アルカリイオン整水器のように一般家庭で水道水のようなイオン濃度の低い希薄水を電解する条件やカルシウムスケール除去洗浄のための逆電解を行う条件の知見は当初なかった。そのため電極材料には不溶性である白金を用い、さらに電極にカルシウムスケールが付着しても水路が閉塞しにくいように電極間距離を広目としてきた。

白金はその触媒機能特性からさまざまな分野で使用され、とくに燃料電池用の触媒として注目されているため価格が高騰しており、白金含有量の低減や代替金属による電極の低コスト化と長寿命化が必要とされている。また、電極間距離は水電解における電力消費量を低減するためにも小さくすることが望ましく、カルシウムスケール付着を考慮した最適な寸法や構造の電解槽設計が重要である。

また近年、台所のコンパクト化でアルカリイオン整水器を設置する十分なスペースがない家庭が増えてきており、その小型化が求められている。

筆者らは、主に電極材料と電解槽構造を検討することで、アルカリイオン整水器の長寿命・省電力・低コスト化と小型化を実現したので以下に報告する。

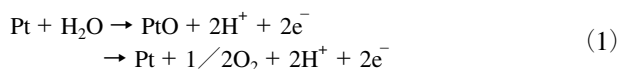
## 2. 電極の長寿命化

### 2.1 白金代替電極

白金電極の代替材料としては、白金系金属 (Ir, Ru 等)、炭素などが挙げられる。しかし、アルカリイオン整水器の規格 JIS T 2004:2005 によると、飲用目的で水電解を行うためには電極用材料としては不溶性のものを使う必要がある。また、陰極表面のカルシウムスケールを除去するために正電解から逆電解への極性反転を行うことから、電極材料は陰極耐性と陽極耐性がともに必要となる。そこで、不溶性であり毒性報告がなく飲用条件を満たすものや体内で使用されているものなど、飲用に適する金属を使用する観点から、白金系金属電極である白金と酸化イリジウムの混合めっき材料の検討を行う。

### 2.2 白金と酸化イリジウムの比率

白金めっき電極は陰極と陽極の両方に用いられる不溶性電極といわれているが、実際は電解時には徐々に溶解している。この原因は、陰極として使用される際に電気分解の触媒として働き、式(1)に示す反応による溶解が生じるためである。



また、水の電解時に電極表面の酸性度が上昇するため、

部分的に濃度の高い HCl が生成し、同時に生成する O<sub>2</sub> と Cl<sub>2</sub> とが反応して塩素ラジカル、酸素ラジカルが生成することによる溶解等が考えられる。さらに、白金は塩素イオン存在下でよく溶解する。今回は、白金と酸化イリジウムの比率が異なる以下の5種類のめっき電極を作製し、前述の溶解要因を勘案した溶解加速試験で評価を行う(図1)。

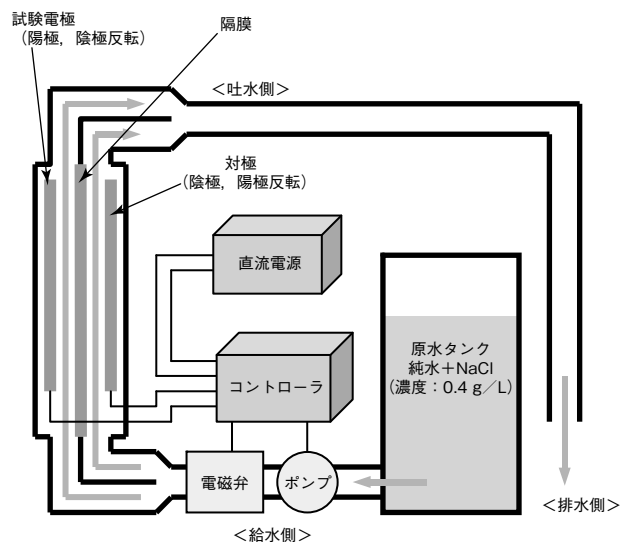


図1 電極の溶解加速試験装置

#### (1) 白金-酸化イリジウムめっき電極の種類

- ① Pt 100 %, Ir 0 %
- ② Pt 60 %, Ir 40 %
- ③ Pt 40 %, Ir 60 %
- ④ Pt 20 %, Ir 80 %
- ⑤ Pt 0 %, Ir 100 %

#### (2) 溶解加速試験条件

- ① 運転パターン  
水入替 (3 秒) → 陽極電解 (15 秒) →  
水入替 (3 秒) → 陰極電解 (5 秒) の繰返し
- ② 電解電流  
2.5 A (3.8 A/dm<sup>2</sup>) 定電流 (ただし、上限 40 V)
- ③ 原水水質  
純水 + NaCl (濃度 0.4 g/L: 導電率 800 μS/cm 相当)

#### (3) 寿命

電流値が初期の 1/2 となるまでの総電解時間

### 2.3 評価結果

溶解加速試験において、累積電解時間における電流値を各電極の初期電流値との比で図2に示す。白金 100 % のめっき電極に比べ、酸化イリジウム 100 % のめっき電極は早い段階で電流が低下する。これは電極表面の酸化イリジウムが正電解と逆電解の繰返しによりイリジウムに変化して溶解するためと考えられる。その他の白金と酸化イリジウムを混合しためっき電極は、白金 100 % の電極と比べて

電流が初期値の1/2となる時間が延びており、長寿命化している。

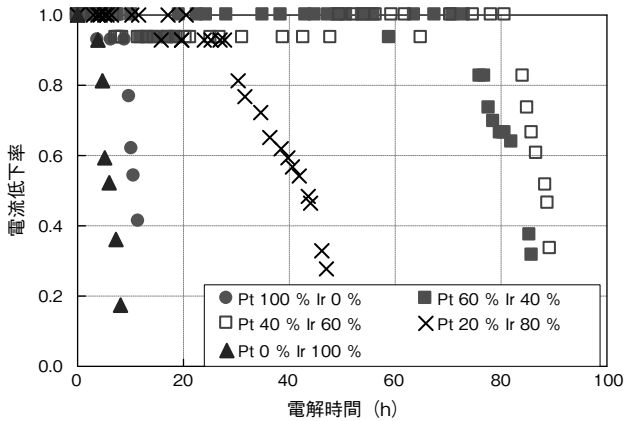


図2 各種電極材料の累積電解時間と電流値低下率

図3に白金100%めっき電極の寿命を1とした場合の各酸化イリジウム含有量のめっき電極における寿命を比で示す。酸化イリジウム含有率が40~60%の場合に、白金100%めっき電極に比べて寿命が7倍になっている。また酸化イリジウム80%のめっき電極でも、4倍の寿命を有している。

この長寿命化の詳細メカニズムは、白金と酸化イリジウムの水素発生電位と酸素発生電位が異なることが考えられる。すなわち、白金は陽極として使用される際には耐久性が低く、酸化イリジウムは陰極として使用される際の耐久性が低くなることから、1種類の金属のみをめっきした電極では、正電解と逆電解の繰返しを行うと耐久性が低い側の極として使用されるときに大きく消耗すると考えられる。

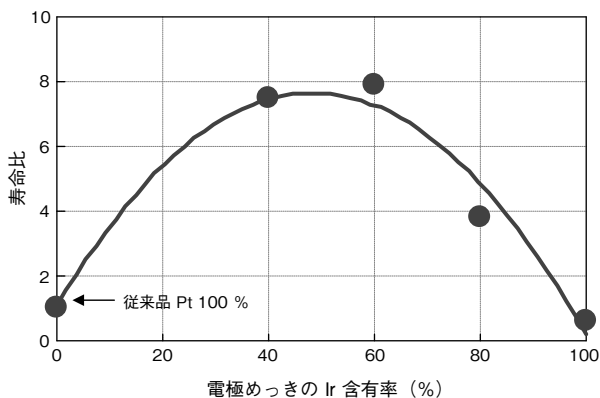


図3 電極寿命比のIr含有率依存性

このように電極の低コスト化をねらい、白金よりも安価な酸化イリジウムとの混合めっき電極について検討した結果、電極コスト約10%の削減を実現している。

### 3. 電解槽の省電力化

#### 3.1 電極間距離の狭ピッチ化

アルカリイオン整水器の電解では最大40Vを印加するが、塩濃度の低い水道水などでは導電率が低いため、供給した電力のほとんどは電極間の水中でオーム損として熱に変化する。また、電極間距離を短縮することにより、電圧も低減できることがわかっている。一方、電解時のpHは電圧にまったく影響されず、電流に依存して変化する。したがって、電極間距離の狭ピッチ化による電圧低下はそのまま消費電力の削減につながる。

そこで従来の電解槽の構造を見直し、電極間距離を3.5mmから3mmへ約15%短縮することを検討する。このようにした場合の電圧と電流の関係を図4に、pHと電流の関係を図5に示す。

図6から、電極間距離を15%短縮することにより、電圧もほぼ15%低減できることがわかる。また図7から、電解時のpHは電極間距離に関係なく電流に依存して変化していることがわかる。

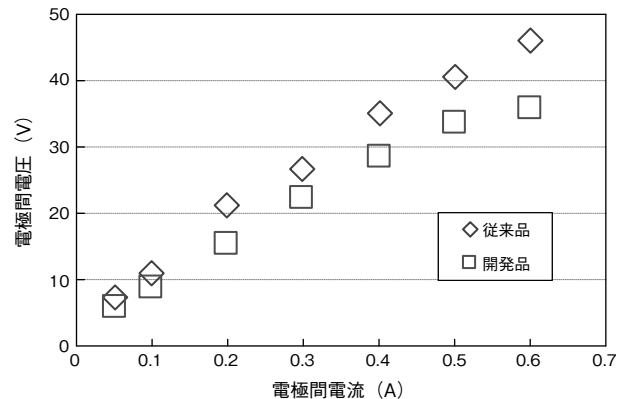


図4 電極間距離と電解時の電極間電圧

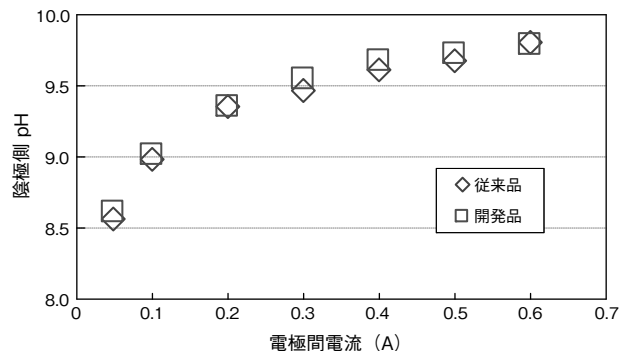


図5 電極間距離と電解時のpH

#### 3.2 電解槽の構造

電極間距離の狭ピッチ化にあたっての課題は、カルシウムスケール付着による水路閉塞の防止である。

従来の電解槽の構造は電極サイズを基に決定しており、隔膜サイズは電極よりも一回り小さくなるように設計して

いた。また、隔膜自体には剛性がないため、樹脂で隔膜を陰極と陽極の中央になるよう保持している。この場合、電解槽の水路出口部は樹脂と電極間が狭いため、逆電解処理を行っていても長期間使用するとカルシウムスケールが徐々に付着して閉塞することがあった（図6）。

今回、電極間距離を3.5 mmから3 mmへ約15%短縮するため、隔膜を水路方向のみ電極サイズより延長し、樹脂部分を電極より外側に設置する（図7）。これにより水路出口が広くなり、カルシウムスケールの成長速度が同等とすると、閉塞までの期間が約60%延長できると考えられる。

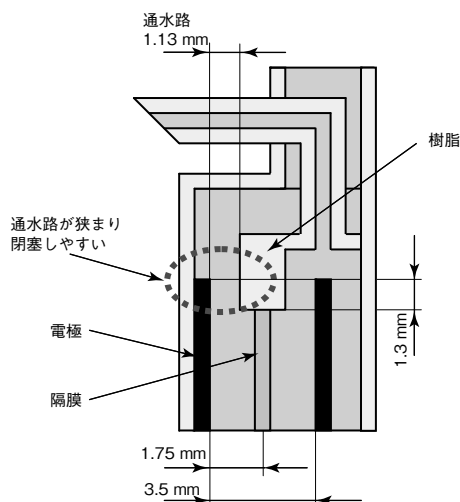


図6 従来品の電解槽構造

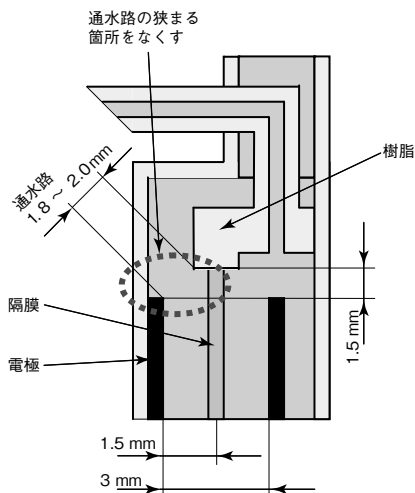


図7 開発品の電解槽構造

### 3.3 電解槽の寿命

電極間距離を短縮するとともに水路出口を広くした開発品の寿命評価を行い、その結果を図8に示す。

なお、試験条件は以下のとおりとする。

#### (1) 使用水

門真市水道水を1.0 L/minで通水

#### (2) 電解条件

最大電圧40 V、または最大電流0.6 Aで制御

#### (3) 電解パターン

{60秒通水電解→30秒止水(8秒逆電解)} × 5回 →  
{180秒通水電解→30秒止水(8秒逆電解)} の繰返し

この図から、電解時間389時間を経過しても生成される水はアルカリイオン水の基準であるpH 9.0以上を確保されていることがわかる。また、電解試験後の電解槽においては、カルシウムスケールの付着による水路の閉塞もみられなかった。

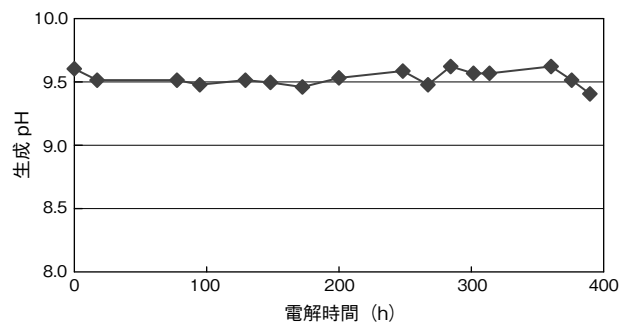


図8 改良電解槽における生成pHの時間変化

### 3.4 小型化

アルカリイオン整水器の小型化のためには、電解槽の小型化が必要である。さらに電源の小型化も必要であるが、これには消費電力を低減することが重要となる。開発した電解槽では電極間距離を15%短縮することで、消費電力（電圧）を15%低減している。これは電解槽厚み寸法の削減、および使用電源の小型化につながる。

開発した電解槽を搭載したアルカリイオン整水器「TK-AS10」は、電源や筐体の小型化の効果等も合わせて、従来品に比べて約15%の小型化を達成している（図9）。



図9 アルカリイオン整水器

## 4. あとがき

アルカリイオン整水器において、電解槽内の電極のめっき材料を従来の白金から酸化イリジウムを40~80%混合

したものに変更することにより、4～7倍の長寿命化と約10%の電極コスト低減を達成した。

また、流路出口幅を広げて水道水電解で問題となるカルシウムスケール付着による閉塞の抑制と、電極間距離を15%狭めたことによる電圧低減で15%の省電力化を実現した。

さらに、電源や筐体の小型化の効果等も合わせて、開発した整水器は従来品に比べて15%小型化を達成した。

#### \*参考文献

- 1) 内藤 裕二, 高木 智久, 赤桐 里美, 水島 かつら, 吉川 敏一, 市川 寛, 田中 喜典, 才原 康弘, 菊地 憲次: 体系的遺伝子発現解析を利用した飲用アルカリ性電解水と水素水の胃粘膜保護効果に関する実験的検討, 日本機能水学会, 第4回日本機能水学会学術大会, P. 1-2 (2005)
- 2) K. Fujita, T. Seike, N. Yutsudo, M. Ohno, H. Yamada, H. Yamaguchi, K. Sakumi, Y. Yamakawa, M. A. Kido, A. Takaki, T. Katafuchi, Y. Tanaka, Y. Nakabeppu, M. Noda: Hydrogen in drinking water reduces dopaminergic neuronal loss in the 1-methyl-4-phenyl-1, 2, 3, 6-tetrahydropyridine mouse model of Parkinson's disease, PLoS ONE, Vol. 4, No. 9, e7247 (2009)
- 3) 小山 勝弘, 田中 喜典, 才原 康弘, 安藤 大輔, 後藤 芳則, 片山 愛里: 急性運動負荷に伴う尿中酸化ストレスマーカーの変動に対する水素溶解アルカリイオン水の飲用効果, アンチ・エイジング医学, Vol. 4, No. 1, p. 117-122 (2008)
- 4) 田中 喜典, 辻本 朋美, 才原 康弘, 野口 弘之, 西川 壽一: 飲用アルカリ性電解水の pH・水素溶解特性と効率, 松下電工技報, Vol. 56, No. 1, p. 72-77 (2008)
- 5) Y. Tanaka, S. Uchinashi, Y. Saihara, K. Kikuchi, T. Okaya, and Z. Ogumi: Dissolution of hydrogen and the ratio of the dissolved hydrogen content to the produced hydrogen in electrolyzed water using SPE water electrolyzer, Electrochim. Acta, Vol. 48, P. 4013-4019 (2003)
- 6) K. Kikuchi, H. Takeda, B. Rabolt, T. Okaya, Z. Ogumi, Y. Saihara, and H. Noguchi: Hydrogen particles and supersaturation in alkaline water from an Alkali-Ion-Water electrolyzer, J. Electroanal. Chem., Vol. 506, P. 22-27 (2001)
- 7) 太田 健一郎: 食塩電解での電極触媒, 電極触媒の科学, 喜多 英明 編著, 北海道大学出版会, P. 249 (1995)

#### ◆執筆者紹介



山本 泰士  
電器 R & D センター



白水 久徳  
アクア・デバイス事業部



田中 喜典  
電器 R & D センター  
博士 (工学)



才原 康弘  
電器 R & D センター