

# Ag<sup>+</sup> (銀)イオンの洗濯槽除菌への応用とカビ不活化効果の検証

Antibacterial Technology for Washing Tub and Antifungal Effect of Silver Ions

池水 麦平\*  
Mugihei Ikemizu

飯盛 杏子\*  
Kyoko Iimori

吉川 浩史\*  
Hirofumi Yoshikawa

## 要 旨

当社は、2002年に、世界で初めて銀イオンによる抗菌作用を応用し、洗濯衣類を「除菌防臭コート」する洗濯機を開発した。その後も継続して、技術開発および商品化を行っている。今回、銀イオン応用技術として、新たに、洗濯槽の除菌や、防カビに関する技術を開発したので、その内容を報告する。

With the application of antibacterial function of silver ions, we have commercialized the washing machine comprising the antibacterial and deodorizing coating function for the first time in the world in 2002. Among our technological development and commercialization thereafter, we report here on the antibacterial technology for washing tub and the antifungal effect of silver ions.

## まえがき

日常生活環境において、清潔性や快適性、安全性を追求する志向が年々高まっており、白物家電商品でも除菌・抗菌に対応した商品が開発されている。特に洗濯機においては、細菌やカビが繁殖して、悪臭が発生したり、黒色の物質が洗濯物に付着したりといったように、微生物に関する課題がある。

このような状況に対し、当社では、2002年より、銀イオンによる除菌・抗菌効果を利用した洗濯機を販売している。これは、銀イオンによって、部屋干し臭を防ぎ、衣類に抗菌防臭加工同等の抗菌効果を付与する機能を備えた洗濯機<sup>1) 2)</sup>である。

今回、銀イオンを応用した技術として、新たに洗濯槽の除菌効果や、カビに対する効果を検証し、洗濯機のクリーニングに応用、商品化したので、その内容を報告する。

## 1. 銀イオン洗濯機について

### 1.1 銀イオン溶出電解槽と洗濯機

図1に、洗濯機と銀イオンを発生する電解槽の模式図を示す。この電解槽は、洗濯機の給水経路中に設置されている。2枚の銀プレート間に電圧を印加し、電流を流すことにより、陽極で次式のような反応が起こ

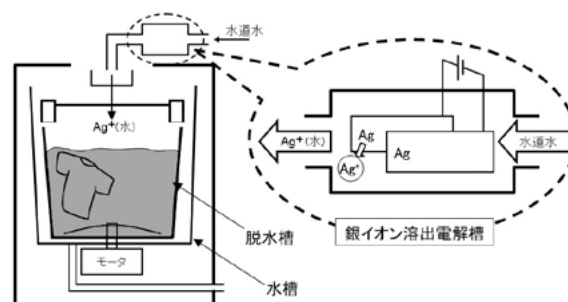


図1 洗濯機と電解槽の模式図

Fig. 1 Model of silver ion generation cell and washing machine using this device.

り、銀が銀イオンとして溶出し、水道水に銀イオンが添加される。



この銀イオンを含んだ水（銀イオン水）は、そのまま洗濯槽に流入し、洗濯などに使用される。

このような、電解による銀イオンの溶出では、電解条件により溶出量を制御することができる。また、電解を行わないことで、銀イオンを溶出させないことができる。そのため、『溶出の有無や、溶出量・濃度を制御できる』、『溶出量を多くすることができるため大水量に対応できる』、『長期的に安定した濃度で溶出す

\* 電化システム事業本部 電化商品開発センター 第2開発室

ることができる』という長所がある。また、溶出に電気を必要とするが、消費される電力は洗濯一回当たり0.05Wh程度（電気代約0.001円相当）であり、非常に小さい。

### 1・2 銀イオンコートの方法

洗濯機の工程は、『洗い』、『すすぎ』、『脱水』の3工程からなり、すすぎは複数回行なわれることが多い。銀イオン洗濯機では、最終のすすぎの時に、銀イオン水を使用してすすぐことによって、銀イオンを洗濯物に付着させることができる。銀イオン濃度は、電気的に制御しており、標準的な銀イオンを使用するコースの場合、最終すすぎ時の銀イオンの濃度を90ppb (90 $\mu$ g/L)となるように制御している。当社洗濯機の銀イオンコースでは、このような処理により洗濯物を銀イオンコートし、抗菌性を付与している。

## 2. 洗濯機内の菌数の調査

### 2・1 目的

通常の洗濯を行っている洗濯機に、細菌が繁殖しているかどうかを確認するために、洗濯機の槽内の菌数の調査を実施した。

### 2・2 調査方法

洗濯機としては、当社の洗濯機を4台用い、2台は通常の水道水を使用する標準コース、2台は銀イオンコースのそれぞれのコースで洗濯を繰り返した。この銀イオンコースとは、洗濯の最終すすぎ工程に銀濃度90ppbの銀イオン水を使用するコースである。洗濯を4ヶ月間に約80回行った洗濯機の菌数を測定した。また、負荷としては日中着用したTシャツを用い、洗剤としては市販の合成洗剤を使用した。なお、水道水の残留塩素濃度は、0.3mg/Lであった。

菌数の測定は、菌採取用の綿棒で槽内をふき取って、所定面積あたりの菌数を求めた。洗濯機では、脱水槽上部に汚れが付着しやすいことが知られている<sup>3)</sup>ため、ふき取り箇所は脱水槽上部に相当するバランス下部、喫水線付近と、それらに加えてパルセータ下部の3箇所とした(図2)。バランス下部や、喫水線付近は、洗い、すすぎなどの貯水時にも水位が達しないため、水道水や銀イオン水で十分に洗浄されることがなく、また、洗濯中や脱水中などに飛び散った水などに触れることがあるため、湿った状態になることは考えられ、菌の繁殖が懸念される部分である。

### 2・3 調査結果

測定結果を図3に示す。数値は菌数の測定値の幾

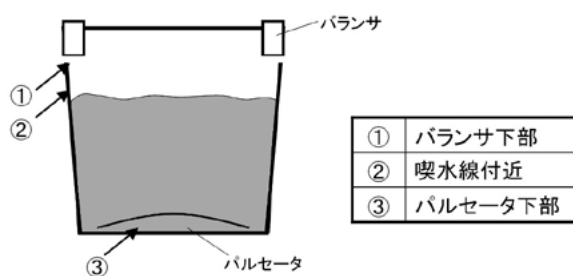


図2 洗濯機のサンプル位置  
Fig. 2 Positions of samples in washing tub.

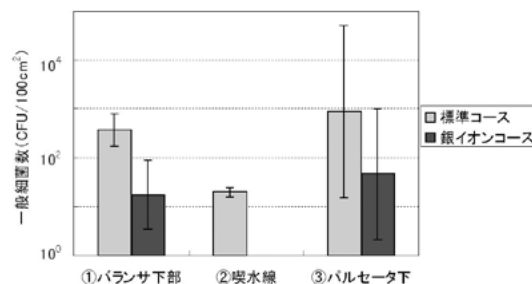


図3 洗濯槽内の菌数測定結果  
Fig. 3 Aerobic plate counts in washing tub.

何平均である。なお、この測定では、銀イオンコース、標準コースとも、カビ、酵母などの真菌は検出されなかった。

測定の結果、洗濯機の槽内に細菌がいることがわかった。また、銀イオンコースと標準コースとを比較すると、いずれの位置でも銀イオンコースの方が菌数は少なかった。また、t検定を実施したところ、バランス下部では、有意水準5%で有意な差があった。これらの結果から、銀イオンコースを日常的に使用することで、洗濯槽内の細菌の繁殖を抑制できると考えられる。

## 3. 洗濯槽内の除菌の検討

### 3・1 槽除菌コース

2. で述べたように、日常的に銀イオンコースを使用することで、菌の繁殖を抑制できることがわかったが、さらに効果を向上させるため、バランス下部や喫水線付近に銀イオン水を積極的に触れさせる槽除菌コースの検討を行った。

### 3・2 試験方法

図4に示すシーケンスを作成し、除菌試験を実施した。

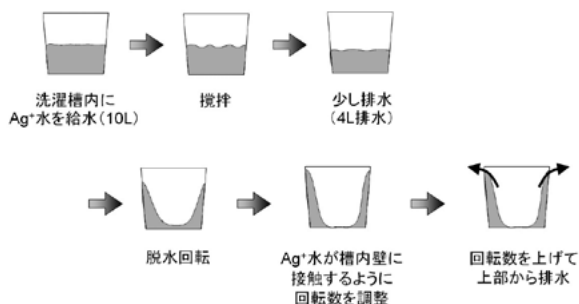


図4 槽除菌コースのシーケンス  
Fig. 4 A sequence of antibacterial cycle for washing tub.

試験には、社内での洗濯機のエイジング試験で分離された緑膿菌 (*Pseudomonas aeruginosa*) を用いた。約  $10^5$  CFU/mL の菌を含む菌液 0.5 mL をろ紙に染み込ませたものをサンプルとして槽内に貼り付けた。サンプルの箇所は、バラサ下部、喫水線付近、パルセータ下部の3箇所、それぞれ6、6、3サンプル数とした。サンプル貼り付け後、銀イオン水 (90ppb) を用いた槽除菌コースと、水道水を使用して同じ動作をするコースを実施し、運転終了1時間経過後の菌数を測定した。1時間静置したのは、洗濯槽内の菌の繁殖の原因が、洗濯終了後もぬれた状態であることが原因であると考えられるため、運転直後に効果があっても、一定時間後も効果が継続していることが必要だと考えたためである。なお、試験時の水道水の遊離残留塩素濃度は、0.2mg/Lで行った。

### 3.3 試験結果

図5に試験結果を示す。菌数は、ろ紙一枚あたりの菌数で示した。いずれの位置においても、銀イオン水を使用した槽除菌コースでは、初期に対して、菌数で2.4~3.7桁という大きな減少があった。また、水道水を使用した槽除菌コースと比較しても、銀イオン水の

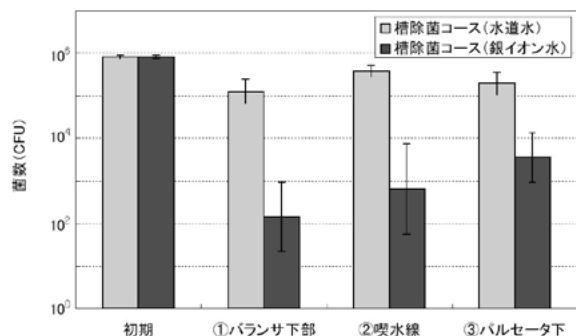


図5 槽除菌コース試験結果  
Fig. 5 Test result of antibacterial cycle for washing tub.

方が、菌数が1.8~3.0桁少なく、有意水準5%のt検定でも有意な差があった。よって、銀イオン水を使用し槽除菌コースを行うことによって、洗濯槽内の除菌ができると言える。

## 4. カビに対する効果

### 4.1 目的

洗濯機において、内部でカビが繁殖し、その菌体が洗濯物に付着するなどの問題が、しばしば発生している。また消費者意識調査において、健康で清潔な生活に役立つ洗濯機の商品像として『カビ防止加工がされている』ことが1位に挙げられる<sup>4)</sup>など、カビに対する対策へのニーズは大きい。

これらのニーズに対し、当社では、従来から、外槽と洗濯槽の間に水をためない穴なし槽を採用することにより、カビの問題発生を防止してきた。また、既に、銀イオン水が実機でのカビ繁殖抑制に対して効果があることを検証している<sup>2)</sup>。

一般に、銀イオンの殺菌作用は、細菌に対しては大きいですが、カビや酵母などの真菌に対しては小さいと言われている。細菌に対して効果があることによって、バイオフィルムの形成などを阻止し、その結果としてカビの繁殖を防止することは考えられる。しかし、銀イオンに真菌に対する直接の作用があるかどうかは不明であった。

そこで、今回、真菌の菌液を用い、それらに対して、銀イオン水に殺菌効果があるかどうかを検証した。また、試験は、実際に家庭で使用されている洗濯機の真菌の調査を行い、その結果検出されたもののうち代表的なものを使用した(表1)。

### 4.2 菌液試験方法

所定の濃度の銀イオン水に、 $10^5$  CFU/mLとなるように、菌液を添加し、初期菌数と所定時間後の菌数を測定した。また、水道水で同じ試験を実施し、その結果と比較した。

表1 洗濯機から検出されたカビ、酵母  
(\*:今回試験を実施)

Table 1 Yeast and fungi isolated from washing machine.  
(\*:tested in this paper)

菌種	
酵母	<i>Rhodotorula</i> <i>Candida</i> *
カビ	<i>Cladosporium</i> * <i>Aureobasidium</i> * <i>Alternaria</i> <i>Aspergillus</i>

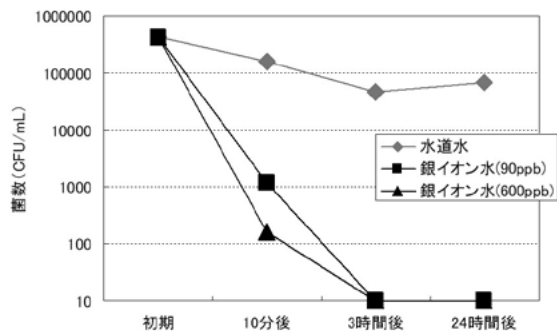


図6 カンジダでの試験結果

Fig. 6 Change of numbers of *Candida* in water with silver ions. (10min, 3hr, 24hr)

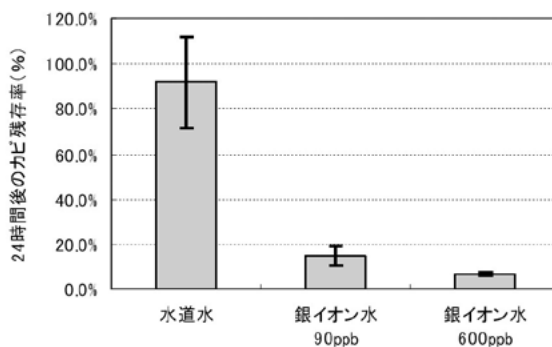


図7 クラドスポリウムの24時間後の残存率

Fig. 7 24-hour survival rate of *Cladosporium* in water with silver ions.

### 4・3 試験結果

図6に、酵母であるカンジダ (*Candida Albicans* NBRC1060) での試験結果を示す。初期、10分、3時間、24時間経過後の菌数を示した。10分で、初期や水道水に対し、2桁以上減少し、24時間後では4桁以上の減少が見られた。銀イオンがカンジダに対して、十分に効果があることがわかった。洗濯機において、酵母の繁殖によって作られた栄養分がカビの繁殖を誘引するという説がある<sup>3)</sup>。従って、洗濯に銀イオンを使用することによって、酵母の繁殖を抑制し、カビの繁殖を防ぐことが出来る可能性がある。

図7にクラドスポリウム (*Cladosporium cladosporioides* NBRC6348) での試験結果を、図8にオーレオバシジウム (*Aureobasidium pullulan* NBRC6353) での試験結果を示す。このデータでは、24時間後の残存率を示した。100ppb前後の銀イオン水で、カビを80%~99%減少させることがわかった。24時間後の値ではあるが、洗濯機にカビが繁殖するケースを想定すると、洗濯機内に水が長時間残水する場合と考えられ、24時間であってもこのようにカビ数を大きく減少させることができる点は、効果が期待できると考えられる。

従って、すでに実機にて確認しているカビを抑制する効果<sup>2)</sup>が得られた理由として、銀イオンが細菌や酵母の繁殖を抑制し、その結果としてカビの繁殖も抑制するという効果と、銀イオン水が直接カビに作用する効果の両方が考えられる。

## 5. 銀イオンの安全性と環境への影響について

当社が、実際に商品化した洗濯機や今回の検討において、抗菌除菌技術として銀イオンを使用しているのは、人に対する安全性が高く、環境に与える影響も低いと考えられるためである。

銀は、食器やアクセサリ等として、有史以来、多

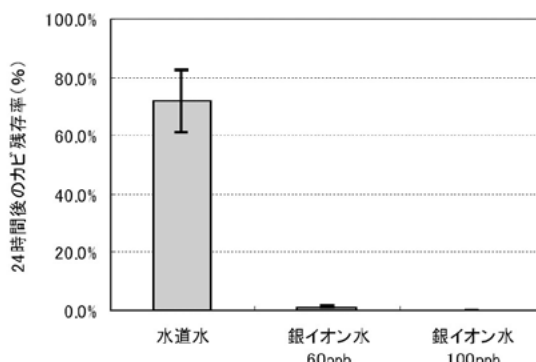


図8 オーレオバシジウムの24時間後の残存率

Fig. 8 24-hour survival rate of *Aureobasidium* in water with silver ions.

量に使用されている。日本においても、食品添加物として、アラザン、清涼剤などに使用されている。また、水に溶けた状態の銀(銀イオン)としても、WHOの『Guidelines for drinking-water quality』において、銀イオンによって飲料水の消毒を行うケースを想定し、飲料水中の銀濃度が100ppbであっても健康上の害はないとされているなど、経験的に人に対する安全性が確認されている。

また、銀イオンが環境に排出された場合、環境中に多量に存在するイオウ分と結合して、AgSを形成し、殺菌作用を失う<sup>5)</sup>。このAgSは、天然の土壤中に元々存在する銀の形態であり、毒性は非常に低い<sup>6)</sup>。また、下水処理においても、排水中の銀イオンは、同じようにイオウ化合物と結合して活性が低下するため、活性汚泥処理などに悪影響を及ぼすことはない<sup>7)</sup>。また、仮にイオウ化合物と結合しない場合でも、環境中是一般に中性領域であるため、直ちに酸化銀に変化し、安定化する。この安定化した酸化銀の環境毒性は極めて低い。このように、銀イオンは環境中では硫黄や酸素と結合することにより、不活性な状態となるため、環境に与える影響は低い。

## むすび

銀イオンの効果として、新たに次の点が明らかになった。

(1) 通常の洗濯時に、銀イオンコースを使用することによって、洗濯槽内の細菌の繁殖を抑制することができる。

(2) 銀イオン水を用いた槽除菌コースを使用することによって、さらに効果的に、洗濯槽内の細菌の繁殖を抑制することができる。

(3) 銀イオン水は、酵母やカビなどの真菌に対しても効果がある。また、これらの効果によって、洗濯槽内のカビの繁殖を抑制できると考えられる。

今回報告した内容のうち、洗濯槽内の除菌する槽除菌コースを備えた洗濯機は2006年に商品化した。また、洗濯機内の細菌やカビ、酵母に対する効果は、当社がこれまでに販売してきた銀イオン洗濯機において、効果があると考えられる。

## 謝辞

槽除菌コースの試験や、菌液の試験については、社団法人京都微生物研究所の荒川様にご協力頂き、銀

イオン濃度の測定においては、環境安全本部環境技術開発部にご協力頂きましたので、ここに感謝致します。

## 参考文献

- 1) 吉川他, "Ag<sup>+</sup>(銀)イオンによる抗菌防臭コート技術", シャープ技報, 86 (18), pp16-20 (2003).
- 2) 池水他, "銀イオンによる除菌技術の洗濯機への応用", 防菌防黴, 34 (2), 89-93 (2006).
- 3) 濱田信夫, "洗濯時に浮遊する暗色の汚れとカビ汚染", 生活衛生, 48 (3), 124-130 (2004).
- 4) (社)日本電機工業会, "家電製品に対する消費者評価と有望価値の考察", 電機, 683, 55-59 (2005).
- 5) Bell R et al, "Structural chemistry and geochemistry of silver-sulfur compounds: Critical review.", Environ. Toxicol. Chem, 18, :9-22 (1999).
- 6) Ratte HT, "BIOACCUMULATION AND TOXICITY OF SILVER COMPOUNDS: A REVIEW.", Environ. Toxicol. Chem, 18, 89-108 (1999).
- 7) IPCS, "SILVER AND SILVER COMPOUNDS: ENVIRONMENTAL ASPECTS.", Concise International Chemical Assessment Document 44 (2002).

(2006年6月13日受理)