

微酸性電解水を用いる清酒製造用醪濾過布の新しい洗浄方法と効果

峯 武士、迫 勝善、田邊和男、和田顕男、滝波弘一

エコログ・リサイクリング・ジャパン研究室

2016.3.3 受付、2016.8.16 受理

食品添加物に指定されている微酸性電解水を用いて、酒袋濾過布に付着している酒粕と微生物を除去し濾過布を効果的に再生できる洗浄法を確立した。すなわち、濾過布の顕微鏡観察、微生物検査、有効塩素測定およびエタノール・グルコース分析をキー検査として、先ず微酸性電解水による予備洗浄を行い、次いで洗浄剤添加微酸性電解水による洗浄によって濾過布に付着した酒粕を除去し、さらに微酸性電解水による3回の濯ぎ洗浄によって極めて効果的に殺菌除去できることが確認された。

キーワード：清酒製造用醪濾過布、微酸性電解水洗浄、醪成分除去、有効塩素残留、殺除菌効果

1. 緒言

日本酒の製造工程において、酵母による発酵が終了すると醪（もろみ）というエタノール発酵液が得られる。この発酵液には麴（こうじ）、酵母菌体、原料米の発酵残渣といった固形物が含まれている。清酒はこの醪を濾過して上清を分離したものである。濾過する方法としては、木綿、麻または化繊の酒袋を用いる手作業の濾過方法と、同様の材質の濾過布を装着した自動醪圧搾濾過機を用いる機械的な方法とがある。何れの方法によっても、濾過により醪から清酒部分が分離され、濾過布の表面には固形の残渣が貼り付いて残る。それを剥ぎ取ったものが酒粕である。

酒粕を剥がしたあとの酒袋濾過布の織目と布繊維には、原料米に由来するタンパク質、脂質および発酵過程で生成されたエタノール、グルコース、更には酵母菌体などが付着している。この濾過布は十分に洗浄してから次の醪の濾過に使用する。或いは翌年の次期酒造時に使用するために、カビなどの微生物が発生しないように注意して保管する。

従来の酒袋濾過布の洗浄方法では、次亜塩素酸ナトリウムなどを含む洗剤を溶解した水道水に酒袋濾過布を浸漬し、その後水道水あるいは井戸水で十分に洗い流していた。しかし次亜塩素酸ナトリウムは塩素臭が強く、これを完全に除去するための濯ぎには大きな負担がかかっていた。最近、次亜塩素酸ナトリウムより調製した弱酸性次亜塩素酸水溶液（pH 6.5、有効塩素濃度 115 ppm）が、ポリエステル製濾過布に付着している微生物に対して殺菌作用

を示す実験結果が報告されている¹⁾。また濾過に使用した酒袋濾過布からの移り香を避けるために濾過布を使わない遠心分離技術²⁾も開発されているが、酒粕を取り出す技術としては濾過布による濾過が優れている。しかしながら酒袋濾過布は、濾過使用後の洗浄が不十分であるとカビなどの微生物が増殖し、また過酷な洗浄によっては布が破れて使用できなくなるなどの問題点を抱えている。

そこで、本研究においては、食品添加物に指定され、殺除菌作用を有する微酸性電解水³⁾（pH 6.4、有効塩素濃度 15~25 ppm）を水道水や井戸水の代わりに用いて、濾過布を損傷せずに付着醪成分除去と微生物除菌を実現した新しい洗浄方法の開発を目的とした。

2. 実験方法

1) 酒袋濾過布

当研究室の近隣酒造場（広島県内、山口県内）より委託された酒粕剥離済みの酒袋濾過布を使用した。これを一枚ずつ広げて繊維のほつれや破れの有無を調べ、サイズ、重量を測定したものを洗浄試験に供した。

2) 微酸性電解水

塩酸水溶液を一室型電解槽で電気分解する方式⁴⁾のピュアスターMp-240B（森永エンジニアリング(株)）に水道水を供給し、食添用塩酸 3%含有のピュアスターメイト3（クリーン化学工業(株)）を添加して電気分解を行った。得られた微酸性電解水は pH 6.4、有効塩素濃度 15~25 ppm で、そのまま洗浄機に供給するか、または貯槽に一時的に

保存して必要時に洗浄機に供給して使用した。

3) 酒袋濾布の洗浄方法

1) 洗浄機の熱水洗浄殺菌

実験に用いた 200 L 容の洗浄機は、ドラムの回転数 (0 ~ 45 rpm)、回転方向 (正転、逆転、正逆) ならびに処理時間を変えることが可能であり、また洗浄水の温度も室温から 90°C まで調節可能な装置である。酒袋濾布を洗浄機に投入する前に水道水のみを注入し、水温 80°C、回転数 40 rpm で 15 分攪拌して洗浄槽内部の殺菌洗浄を行った。

2) 微酸性電解水による酒袋濾布の予備洗浄

酒袋濾布の布目に固着している酒粕を取り除くため、殺菌洗浄した洗浄機に酒袋濾布 (140~145cm×105~110 cm) を 8~10 枚投入し、常温の微酸性電解水を 50~80 L 注入後、回転数 40 rpm で 15 分攪拌した。攪拌後、洗浄液の一部を分析試料として採取してから排水と回転脱水を行った。

3) 洗浄剤を溶解した微酸性電解水による洗浄

酒袋濾布を予備洗浄した後に、非イオン界面活性剤とキレート剤を主成分とする洗浄剤 (ホワイトクリーン: 葦田産業(株)) を 1% 濃度となるように添加した微酸性電解水 50 L を注入し、液温 35°C、回転数 40 rpm で 15 分攪拌した。攪拌後、洗浄液の一部を分析試料として採取してから排水と脱水を行った。

4) 微酸性電解水による濯ぎ洗浄と乾燥

洗浄剤添加微酸性電解水で洗浄した酒袋濾布を微酸性電解水で濯ぎ洗浄した。濯ぎの 1 回目として常温の微酸性電解水を洗浄機に 60 L 注入し、回転数 40 rpm で 15 分攪拌した。濯ぎ液の一部を分析試料として採取してから排水と脱水を行った。2 回目および 3 回目の濯ぎは 1 回目と同じ条件で行った。

3 回目の濯ぎ終了後、顕微鏡観察で布目が明瞭に現れていることを確認のうえ酒袋濾布を乾燥機に移して 33°C で 100 分乾燥した。乾燥後は酒袋濾布のほつれや破れが無いかわり、サイズ、重量を測定した後 1 枚ずつ畳んで保管した。

4) 顕微鏡による酒袋濾布表面の観察

各洗浄ステップ終了後の酒袋濾布の内 1 枚を洗浄機から無作為に取り出し、投射型光学顕微鏡 SMZ800 (Nikon) で酒袋濾布表面の織り目の目詰りを観察した。

5) 洗浄液の分析

1) エタノール濃度

洗浄済み液の一部を Minispin plus (Eppendorf) で 5,000 rpm、5 分間遠心分離し、その上清に含まれるエタノール濃度をガスクロマトグラフ TRACE GC2000 (ジェイ・サイエンス・ラボ) を用いて定量した。

2) グルコース濃度

エタノール濃度測定用と同条件で調製した上清 20 μL を、グルコース CII テストワコー (和光純薬工業(株)) 3 mL に加えて混合した。室温で 15 分間静置反応を行ったあと、呈色した反応液を分光光度計 DU800 (BECKMAN COULTER) で測定した。

3) 残留塩素濃度

各サンプリング液の残留塩素濃度を測定範囲 0~10 ppm のアクアチェック 3 (日産化学工業(株)) および測定範囲 1~25 ppm の分析用試験紙 WAP-CIO(D) (株共立理化学研究所) を用いて測定した。

4) 微生物生菌数

予備洗浄及び洗浄剤添加した微酸性電解水による洗浄液のサンプリング液を、滅菌水を用いて 100 倍に希釈して供試した。濯ぎ液のサンプリング液は希釈せずに供試した。これらの試料液 1 mL をクリーンベンチ内で SCD 寒天培地 (日本製薬(株)) に塗抹した。塗抹後、コンパクトインキュベータ SCI-13 (柴田科学(株)) 内で 35°C で 72 時間培養し、寒天培地上に生育したコロニー数を計数し、希釈率を掛けて各洗浄液の生菌数とした。

6) 寒天培地に生育した微生物細胞の顕微鏡観察

SCD 寒天培地に生育したコロニーの一個を採取し、スライドグラス上で 10 μL の滅菌水に懸濁した後、透過型光学顕微鏡 OLYMPUS BX61 (OLYMPUS) で観察し、倍率 1,000 倍で写真撮影した。

3. 結果

1) 微酸性電解水による予備洗浄の効果

酒粕を剥ぎ取った酒袋濾布を微酸性電解水で予備洗浄した後、布表面を顕微鏡で観察した結果の画像 (図 1B) を洗浄前の濾布 (図 1A) と並べて示した。未洗浄の画像 A と比較すると、酒粕はある程度除去されているものの十分な除去が認められた濾布 (図 1D) に比べて布の織り目には未だ残っており、予備洗浄による洗浄除去は十分ではないことが明らかとなった。データは示さないが、微

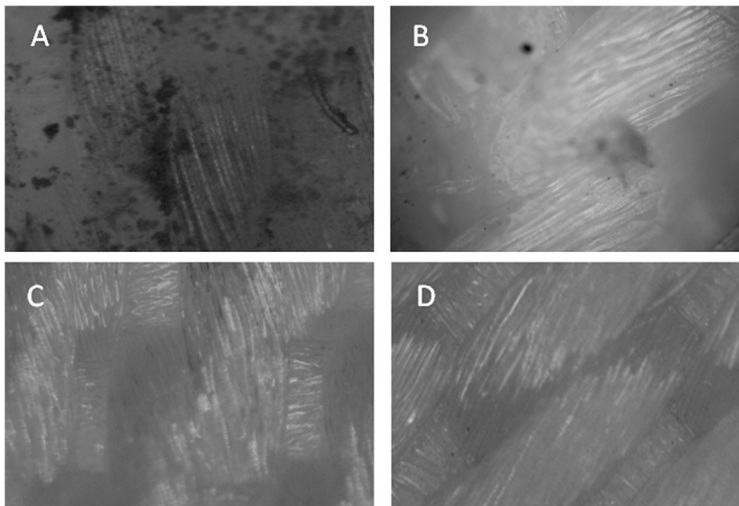


図1. 洗浄前と洗浄後の濾過布表面の顕微鏡画像

- A: 洗浄前の濾布
- B: 微酸性電解水による予備洗浄後
- C: 洗浄剤添加微酸性電解水による洗浄後
- D: 微酸性電解水3回濯ぎ後

酸性電解水による洗浄を数回試みたが、織り目の詰りを十分に除去することはできなかった。

一方、表1に示すように微酸性電解水による予備洗浄液にはグルコース、エタノールが検出された。なお、予備洗浄を2回行った場合、2回目の洗浄液からはグルコースとエタノールは検出されなかった。このことから、濾過布に沁み込んでいた水溶性物質の除去には1回の予備洗浄で十分と判断された。これに対して、予備洗浄液からは多くの微生物が検出された(表2)。また、有効塩素の残留は認められなかった。

表1. 酒袋濾布の微酸性電解水予備洗浄液中のグルコースとエタノールの濃度

予備洗浄液	グルコース (g/L)	エタノール (g/L)
1回目	0.43	1.45
2回目	0	0

2) 洗浄剤を添加した微酸性電解水による洗浄効果

微酸性電解水による予備洗浄の後に行った洗浄剤添加微酸性電解水による洗浄効果を画像(図1C)に示す。画像から明らかのように、布の織り目の酒粕は殆ど除かれていた。しかし織り目の一部には少量の付着物が認められ、

僅かではあるが未だ洗浄不十分であった。

一方、表2に示すように、洗浄剤添加微酸性電解水による洗浄後の液には多くの微生物が検出され、有効塩素の残留も認められなかった。

3) 微酸性電解水による濯ぎ洗浄効果

洗浄剤添加微酸性電解水による洗浄で濾過布の織り目に僅かに残る付着物を取り除くために、微酸性電解水による濯ぎを3回行った。3回目の濯ぎ後の濾過布表面を画像(図1D)に示した。布の織り目にはどこにも付着物は認められず、水不溶性物質は全て濾過布から除去された。

表2に示すように、1回目の濯ぎ洗浄によって生菌数は著しく減少し、3回目の濯ぎ後の洗浄液からはコロニー形成が認められなかった。また、濯ぎ後の洗浄液に有効塩素の残留が認められ、微酸性電解水の殺菌効果が十分に発揮されたと判断された。

4) 微酸性電解水洗浄で生残した微生物の形態

各洗浄液において生残し、寒天培地に生育した微生物細胞の形態を顕微鏡像として図2に示す。

微酸性電解水による予備洗浄で生残した細胞の顕微鏡写真を1Yと1Bに示す。1Yの細胞は1Bの細胞より大きく、その形状から酵母であり、1Bは醸造関連の乳酸菌と思われた。

洗浄剤(ホワイトクリーン)添加微酸性電解水による洗浄後も、酵母(2Y)と胞子を含む細菌細胞が観察された。

これらの微生物を除菌するために、洗浄剤添加微酸性電解水の洗浄の後に微酸性電解水のみによる濯ぎ洗浄を数回繰り返した。その結果、1回目の濯ぎ液からは酵母は認められなくなり、桿菌と胞子が観察された(3B)。2回目の濯ぎ洗浄液にはまだ桿菌(4B)が認められた。3回目の濯ぎ液からは、微生物は検出されなかった。

表2. 酒袋濾布洗浄液の有効塩素残留と生菌数

洗浄液	有効塩素濃度 (ppm)	生菌数 (個/mL)
未洗浄微酸性電解水	15~25	0
微酸性電解水予備洗浄液	0	3.59×10^5
洗浄剤添加微酸性電解水洗浄液	0	2.10×10^3
微酸性電解水第1回濯ぎ洗浄液	1.5	21
微酸性電解水第2回濯ぎ洗浄液	5	4
微酸性電解水第3回濯ぎ洗浄液	10	0

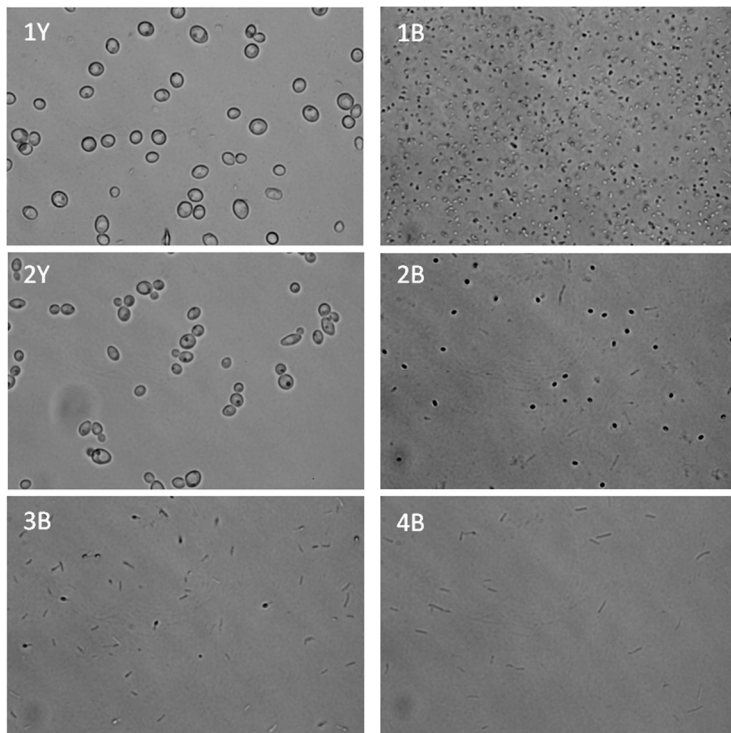


図2. 寒天培地に生育したコロニーの顕微鏡画像

- 1Y, 1B : 微酸性電解水による予備洗浄液
 2Y, 2B : 洗浄剤添加微酸性電解水による洗浄液
 3B : 微酸性電解水 1回濯ぎ洗浄液
 4B : 微酸性電解水 2回濯ぎ洗浄液

4. 考察

酒袋濾布に限らず布の洗浄は、洗浄液の流動による機械的作用と界面活性剤の物理化学的作用を複合した原理に基づいている。機械的作用に関しては、衣服に付着した汚れの洗浄に際して布の損傷に大きな影響を与えることが指摘されている⁹⁾。また、洗浄を効果的にするためには、界面活性剤を主成分とする洗剤を使用することが一般的であるといわれている⁹⁾。

これらのことを踏まえて本研究では、食品添加物に指定されている微酸性電解水を用いて、酒袋濾布に付着している酒粕と微生物の除去を効果的に行える酒袋濾布洗浄法を確立した。すなわち、濾布の顕微鏡観察、微生物検査、有効塩素測定およびエタノール・グルコース分析をキー検査として、先ず微酸性電解水による予備洗浄を行い、次いで洗浄剤添加微酸性電解水による洗浄によって濾布に付着した酒粕をきれいに除去し、さらに微酸性電解水による濯ぎ洗浄を3回行うことによって極めて効果的に殺菌除去することができた。ただし、例外的に濾布への付着微生物が多いものがあり、その場合には最大6回の微酸性電解水による濯ぎを必要とした。いずれにしても、濾過布の顕微鏡観察、微生物検査、有効塩素測定およびエタ

ノール・グルコース分析を実行することにより所期の目的を確実に実現できた。

従来の酒袋濾布の洗浄方法では、次亜塩素酸ナトリウムなどを含む洗剤を溶解した水道水に酒袋濾布を浸漬し、その後水道水あるいは井戸水で十分に洗い流していた。その方法では次亜塩素酸ナトリウムの塩素臭が強く残り、これを完全に除去するための濯ぎが大変であった。また、微酸性化した次亜塩素酸ナトリウム溶液 (pH6.4, 有効塩素濃度 115 ppm) を用いて醪圧搾機の濾布の殺菌処理を行い、井戸水洗浄する方法が報告されているが、殺菌液と接触している部分は菌が検出されなかったものの、殺菌液との接触が不十分な箇所からは 100 cm² につき 10³ 前後の菌が検出されている¹⁾。

こうした状況の中で、本研究で確立した方法は、微酸性 (pH6.4) で低有効塩素濃度 (15 ~ 25 ppm) の食品添加物指定次亜塩素酸水を用いて醪濾布に付着している醪成分 (酒粕やアルコール等) と微生物の除去という所期の目的を効果的に果たすことのできる方法であり、作業効率・安全性、布に対するダメージの点で従来法より優れているといえる

ができる。

今後は、有機物の優れた除去能をもつことが知られている強アルカリ性電解水⁷⁾を組み合わせることなども考慮して洗浄方法の改善を図っていく予定である。また、微酸性電解水の生成装置はアルカリ性電解水を副成しないので、微酸性電解水のみによる高度な洗浄技術の開発も目指している。

参考文献

- 1) 竹原淳彦、門脇洋平、常定健 ほか：弱酸性次亜塩素酸水溶液による醪自動圧搾機のろ布の殺菌・脱臭 岡山県工業技術センター報告、**40** : 14-15, 2014.
- 2) 田口隆信：遠心分離方式による新しい上槽システムの開発と普及. 醸造協会誌, **109** : 550-557, 2014.
- 3) 岡本公彰、駒形安子、小宮山寛機 ほか：微酸性電解水の抗微生物効果. 防菌防黴, **34** : 3-10, 2006.
- 4) 堀田国元、都筑洋子、古米保 ほか：次亜塩素酸水生成装置に関する調査報告 2013. 機能水研究, **8(2)** : 1-26, 2013.
- 5) 後藤景子、中谷博美：洗濯の機械力評価—洗浄性および布損傷からの検証. 繊維機械学会誌, **69** : 247-

- 252, 2016.
- 6) 後藤景子：洗浄の基礎と衣服の洗濯. 繊維機械学会誌 **69** : 176-182, 2016.
- 7) 左官愛野、西島基弘：電解水の手洗い効果. 医工学治療, **20** : 24-29, 2008.

Effect of a New Washing Method of Sake Filter Cloths with Slightly-Acidic Electrolyzed Water

Takeshi MINE, Katsuyoshi SAKO, Kazuo TANABE, Akio WADA and Koichi TAKINAMI

Research Laboratory of ECOLOG RECYCLING JAPAN

Using slightly-acidic electrolyzed water (SAEW) known as a food additive hypochlorous acid water, we established a new effective method for washing and decontaminating “Sake” filter cloths. In this method, the cloths are subject to preliminary washing with SAEW, followed by washing with a cleansing agent-added SAEW and then triple rinsing with SAEW. After each procedure, microscopic check of cloth surface, microbiological check as well as available chlorine concentration check are carried out. Consequently it turned out that this new washing method is a very effective Sake filter cloth reprocessing method.