

めっき水洗工程へのオゾン適用（3）

Application of Ozone to Plating Water Washing Process (3)

○中峠美華*、吉田圭吾*、清水昭弘**、西村宜幸**、
山内四郎**、高井治***

*：多田電機株式会社、**オーエム産業株式会社、***関東学院大学

論文要旨

めっき工程には多くの水洗工程（水洗槽）が存在する。水洗槽は微生物が繁殖しやすく、日光の照射は藻類の発生を促し、この藻類の品物表面への付着はめっきの品質低下をもたらす。¹⁾前報にて水洗槽へのオゾン注入が藻類の抑制に有効であることを確認した。²⁾³⁾本稿では、日々の生産に使用されているめっき工程の各水洗槽へのオゾン注入を実施し、オゾン利用による水質への効果と既存装置への影響について報告する。

キーワード：工業廃水、再利用、藻類

1. はじめに

めっき工程における水洗は、前工程の処理槽の汚染物を除去し清浄な表面状態でめっき品を次工程に引き渡すために、各工程間で行われる処理である（図-1.）。ここで、洗浄が不十分である場合、前工程から運ばれた薬剤が次工程へ化学的な影響を与え、最終工程の場合、乾燥によるシミの原因となるためにめっきの品質に悪影響を与える。このような影響を低減するために、水洗処理では多くの水を必要とするが、資源およびコスト面から洗浄と節水の両面から水の利用量を検討する必要がある。¹⁾また、水洗槽は水温が 20℃～40℃ に保たれており、直前の処理槽から持ち込まれた多くの添加剤等の存在により微生物が繁殖しやすい。日光が当たる環境下では、藻類の発生ならびに藻類のめっき品物表面への付着により、めっき品質の低下をもたらす。¹⁾これらの品質劣化の要因を抑制すべく、これまでに薬品の注入や定期的な手作業での清掃が行われてきたが、薬品の費用が掛かること、手作業での清掃が重労働であることから、品質保持に向けた早急な改善が求められている。

オゾンは、殺菌や有機物の分解に有効であることが報告されており、水洗槽の微生物殺菌や微生物の栄養源となる添加物の分解に活用できると期待できる。

前報にて、水洗槽へのオゾン水注入による微生物の増殖抑制効果の確認とオゾン消費に影響する因子を解明し、実めっき工程への適用を目指した水洗槽内のオゾン水濃度シミュレーションの構築を紹介した²⁾³⁾。本稿では実際に生産されているめっき工程の全水洗槽へオゾンを適用した事例を紹介する。

2. めっき水洗槽へのオゾン適用事例

図-1.にオゾンを導入しためっき工程の簡易図を示す。ここでは処理 A～処理 I の 9 つのめっき処理工程があり、各処理工程ごとに 1～3 個の水洗槽が設置されており、水洗槽数は全 22 槽である。

これまでの、藻類の発生抑制対策は、週に 1 度のメンテナンス日に水洗槽内の清掃および水入替を複数回行うもの（従来法）であった。本検討では、従来法は行わず、週に 1 度のメンテナンス日に各水洗槽に約 2 時間のオゾン処理（オゾン処理法）を実施した。

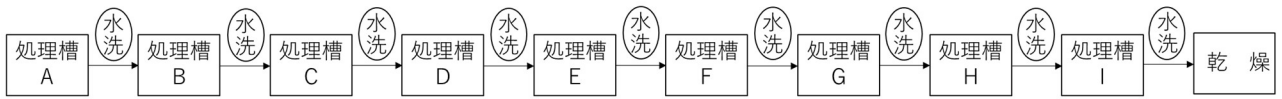


図-1.めっき工程の簡易フロー図

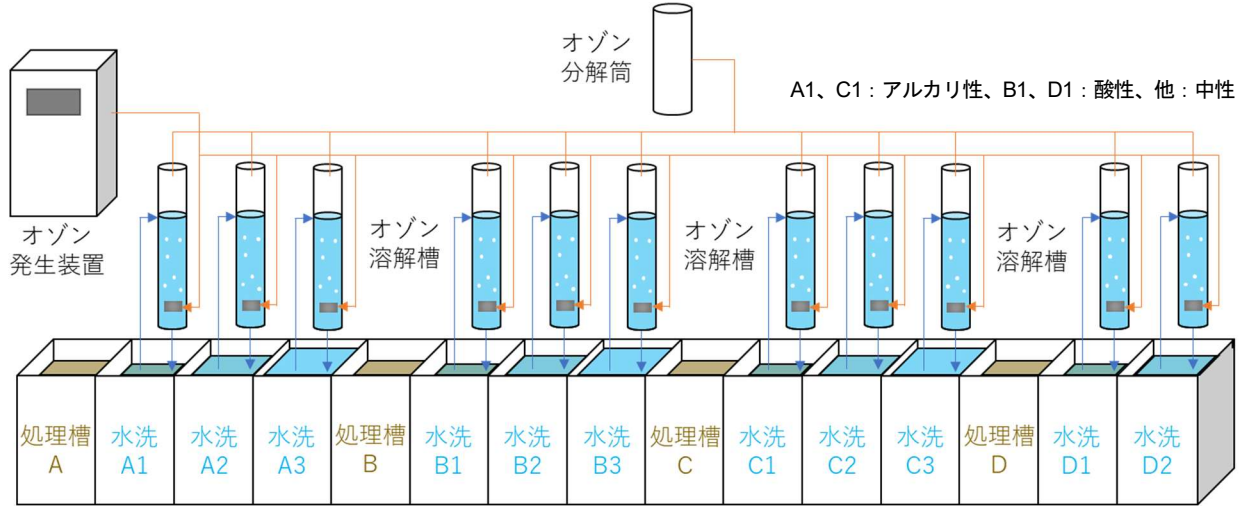


図-2.試験フロー図

生産の流れ	従来法	オゾン処理法	オゾン注入条件	測定項目
メンテナンス 1day	清掃・水入替	清掃・水入替	オゾン注入なし	・一般細菌
生産 6 days				
メンテナンス 1day	清掃・水入替	オゾン処理法 1回目 オゾン処理+水入替	オゾン発生量：8.0 g / h オゾン処理時間：120 min	・オゾン水濃度 ・一般細菌 ・電気伝導度 ・COD濃度 ・水温・pH
生産 6 days				
メンテナンス 1day	清掃・水入替	オゾン処理法 2回目 オゾン処理+水入替	オゾン発生量：9.5 g / h オゾン処理時間：220 min	・オゾン水濃度 ・一般細菌 ・電気伝導度 ・COD濃度 ・水温・pH
生産 6 days				
メンテナンス 1day	清掃・水入替	オゾン処理法 3回目 オゾン処理のみ	オゾン発生量：3.0 g / h オゾン処理時間：83 min	・オゾン水濃度 ・一般細菌 ・電気伝導度 ・COD濃度 ・水温・pH
生産 6 days				
メンテナンス 1day	清掃・水入替	オゾン処理法 4回目 オゾン処理のみ	オゾン発生量：3.0 g / h オゾン処理時間：120 min	・オゾン水濃度 ・一般細菌 ・電気伝導度 ・COD濃度 ・水温・pH
生産 6 days				
メンテナンス 1day	清掃・水入替	オゾン処理法 5回目 オゾン処理のみ	オゾン発生量：3.0 g / h オゾン処理時間：130 min	・電気伝導度 ・水温・pH
生産 6 days				

図-3.水洗槽の状況

3. オゾン処理法の適用効果

オゾン処理法の適用効果を電気伝導度および一般細菌の変化より評価した。本稿では処理 A～処理 D 後の水洗槽（全 22 槽のうち処理 A～処理 D の 14 水洗槽）についてオゾン処理法 1 回目から 5 回目の結果を報告する。

a. 電気伝導度の変化

オゾン処理法 4 回目・5 回目に測定した電気伝導度の結果を図-4.(a)-(b)に示す。処理槽直後にある 4 水槽 (A1,B1,C1,D1) は電気伝導度が $1000\mu\text{S}$ 以上と高く、他の 7 水槽は $100\sim 200\mu\text{S}$ と水道水レベルであった。処理槽直後の水洗槽には、処理槽からの汚染物質が一番多く持ち込まれるため、電気伝導度が高くなっている。ここにオゾン処理法を行うと、電気伝導度が $1000\mu\text{S}$ 以上を超える処理槽直後にある 4 水槽 (A1,B1,C1,D1) では、 $10\%\sim 74\%$ 、他の 7 水槽においては最大で 20% の電気伝導度の低下が確認できた。

この結果から、オゾン処理によって、水槽内の汚染物質が除去されていることが分かった。

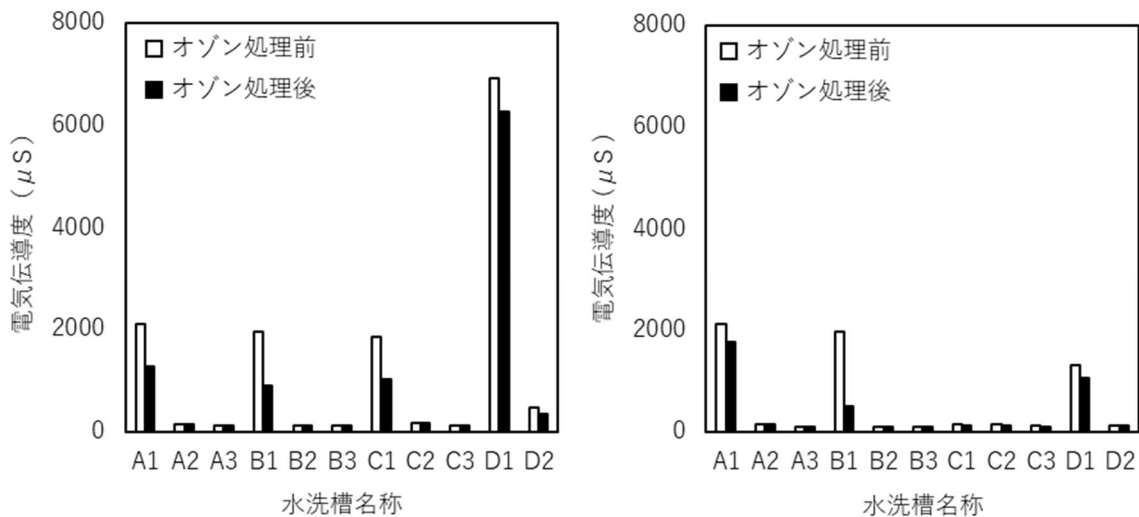


図-4 (a).オゾン処理 4 回目及び(b) オゾン処理 5 回目前後の水洗槽の電気伝導度

b. 一般細菌数の変化

処理槽直後の水洗槽 A1、B1、C1、D1 は処理槽からの汚染物質が一番持ち込まれるため、汚染物質の影響が大きいことが前項 a.よりわかっている。一方、水洗槽 A3、B3、C3、D2 は生産期間中に常に補給水が給水されているため補給水の影響が大きいと考えられる。そこで、処理槽や補給水の影響が少ない A2、B2、C2 の 3 水洗槽でオゾン処理法による一般細菌数の変化と適用効果を評価することとした。

オゾン処理 1 回目および 2 回目にてオゾン処理前後に測定した一般細菌数の結果を図-5.(a)-(c)に示す。オゾン処理を施すことで、一般細菌が $60\sim 100\%$ 減少することが分かった。さらに A2 および C2 では、オゾン未処理の水に比べてオゾン処理した水の方が、生産中に増殖する一般細菌数が $20\sim 30\%$ ほどに抑えられた。

本結果から、オゾン処理することで一般細菌の殺菌と増殖抑制ができることが分かった。

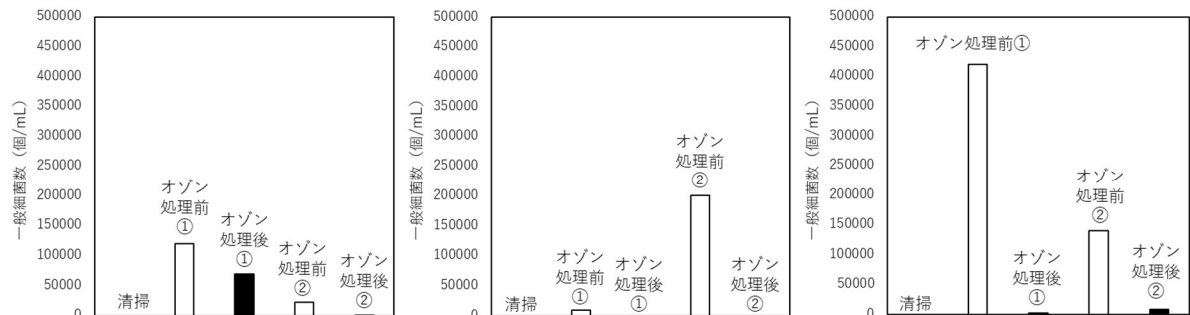


図-5. 各水洗槽における一般細菌数の変化：左から(a) A2, (b) B2, (c) C2.

4. 既存装置への影響

A1 および C1 は pH の高い強アルカリ性のため、B1 は水が黄色に濁っていたために、吸光度式オゾン水濃度計では測定ができなかった。そこで、これら 3 水槽を除いた各水洗槽のオゾン水濃度を測定した。表にオゾン処理 1 回目からオゾン処理 4 回目で測定したオゾン水濃度の平均値を記載する。3 水槽を除く全ての水槽にて、オゾン水濃度は最大で 0.32 ppm であった。いずれも弊社がこれまでの知見から装置へ影響を与えないオゾン水濃度 0.5 ppm 以下³⁾であり、オゾン処理法は既存装置への影響はないと推定される。

表-1.オゾン処理 1 回目から 4 回目のオゾン水濃度の平均値

水洗槽名称	オゾン水濃度	水洗槽名称	オゾン水濃度
A2	0.08 ppm	C2	0.04 ppm
A3	0.32 ppm	C3	0.21 ppm
B2	0.15 ppm	D1	0.11 ppm
B3	0.20 ppm	D2	0.16 ppm

5. まとめと課題

既存装置へ影響を及ぼさない範囲でめっき水洗槽にオゾン処理法を適用すると、電気伝導度が低下し、水槽内の汚染物質が除去されているため、水質が改善していることが分かった。さらに一般細菌の殺菌や増殖が抑制できることが分かった。めっき水洗槽で、特に純水を使用する生産工程は市水に比べて殺菌能力が低下するため、微生物が繁殖しやすく、藻類等の付着によるめっきの品質低下が起りやすいため、防止策としてのオゾン処理法の適用は有効であると考えられる。さらに、オゾン処理することで重労働であった清掃作業がなくなり、さらに洗浄のたびに複数回排水していた水洗槽水を排水せず再利用できるため、節水だけではなく排水処理費用の削減も期待できる。今回、実際のめっき工程の全水洗槽にオゾン処理法を適用し、オゾン適用効果と既存装置への影響がないことを確認した。めっき工程には、処理槽や水洗槽へ補給水を給水するための補給水タンクなど、他にもオゾンで改善できる工程がある。次展開として、めっき工程全体でのオゾン利用を目指していく。

6. 参考文献

- 1) めっき大全、関東学院大学 材料・表面工学研究所、日刊工業新聞社
- 2) 山内四郎、吉田圭吾、福井秀樹、中峠美華、福田千紗、西村宜幸、高井治、「めっき水洗工程へのオゾン適用」、日本オゾン協会、第 29 回年次講演会講演集,p.37 (2020)
- 3) 中峠美華、吉田圭吾、濱中務、西村宜幸、山内四郎、高井治、「めっき水洗工程へのオゾン適用 (2)」、日本オゾン協会、第 31 回年次講演会講演集,p. 33 (2022)