

集菌技術に関する研究()

- 複合滅菌装置の開発 -

栗原英紀* 近藤康人**

Study on Collection of Microbe()

- Development of composite sterilization device -

KURIHARA Hideki*, KONDO Yasuhito**

抄録

本研究は、炭素繊維アノードに微生物を吸着し、除去するもので、食品の安全性を確保する新しい非加熱の滅菌装置の開発を目的とするものである。これまでに各種微生物を吸着、除去できる結果を得ており、この知見を天然水滅菌装置に実用化すべく試作機を作製し実証試験を行った。天然水中でも微生物は負に帯電していたので本方法により集菌、除去可能であり、実際の天然水を用いた試験でも除菌できた。また、炭素繊維処理槽では流量の低下も少なく、長寿命、低コストが期待できる。

キーワード：炭素繊維，微生物，ゼータ電位，電気的吸着，シリカ

1 はじめに

近年、各種の微生物汚染事故に対応するため、浄水、食品、医療に関連する企業では、衛生管理ミスは死活問題となり、微生物汚染対策や各種衛生管理に対して細心の注意が必要となっている。

しかし、既存の次亜塩素酸等の薬剤添加による方法では味の低下や臭いの問題があり、精度の高い滅菌を行うには薬剤の濃度の維持管理が重要となり、制御が容易でなかった。

そこで、滅菌力を電気的に制御できる電気化学的滅菌方法^{1) - 3)}を応用し、炭素繊維の微生物親和性^{4) - 13)}と微生物が負に帯電していること^{14) - 16)}による静電泳動及び静電吸着により微生物を炭素繊維電極に迅速に集める方法を考案した。

これまでに水中の各菌(大腸菌・黄色ブドウ球菌・芽胞)が除菌可能であること、シリカ吸着に

より劣化した電極を再生できること等の知見を得た^{17,18)}。

本年度は本集菌方法の実用化を検討し、県内企業から要望のあった天然水滅菌装置の開発を行った。

2 実験方法

2.1 溶存イオンの影響

天然水に含まれる各種イオンが微生物に与える影響を調べるため、各種イオン中での各微生物のゼータ電位を測定した。ゼータ電位の測定は顕微鏡電気泳動装置(マイクロテックニチオン社製 ZEECOM)によって行った。

2.2 実証試験

図1に示すような天然水の滅菌装置を試作した。試作機は、炭素繊維膜を設置した処理ユニット(以下、CFユニット)、平膜を設置した処理ユニット(以下、平膜ユニット)、集菌用電源及び流量、水位等の制御系からなる。実証試験は、

* 環境技術部

** 三洋電機株式会社技術開発本部 環境技術開発 BU

3 結果及び考察

3.1 溶存イオンの影響

一般に荷電粒子の電位分布は、Gouy-Chapmanの拡散2重層のモデルが適用され、式(1)が成り立つ。すなわち、ゼータ電位の絶対値はイオン強度に対して指数関数的に減少し、ゼロに近づく。従って、溶存イオンによっては集菌できないことが懸念される。

$$\varphi = \varphi_0 \exp(-kx) \quad \kappa = \sqrt{\frac{4\pi N_A I e^2}{1000 \epsilon k T}} \quad (1)$$

ここで、 φ : 電位、 N_A : Avogadro 数、 I : イオン強度、 e : 電気素量、 ϵ : 誘電率、 k : Boltzmann 定数、 T : 絶対温度である。

そこで、天然水に含まれるイオン成分 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 HCO_3^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} を変化させたときの各微生物(大腸菌、黄色ブドウ球菌、酵母及び芽胞)のゼータ電位を測定した結果を図2に示す。大腸菌、黄色ブドウ球菌、芽胞については、 Ca^{2+} や Mg^{2+} の二価イオンの影響を強く受け、ゼータ電位が減少した。これは、菌体へのイオン吸着によるものと思われる。しかし、ゼータ電位の減少は、大腸菌が約 -10mV 、黄色ブドウ球菌が -13mV 、芽胞が -17mV に漸近し、それ以上は減少しなかった。また、1価の陽イオン(Na^+)、陰イオン(HCO_3^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-})の影響は小さかった。酵母についてはイオン種に関係なく約 -6mV にゼータ電位が漸近した。いずれの菌もゼータ電位がゼロになることはなく、負の帯電は維持していることがわかった。したがって、天然水中でも本方法により集菌、除菌可能と考えられる。

3.2 実証試験

試作機を設置し、原水を処理した結果を図3に示す。菌数は 10CFU/mL 以下で、本装置により菌はほぼ除去することができた。炭素繊維処理ユニットについては、流量がほとんど変化しなかった。したがって、目詰まりが少なく、長期的な使用が可能と考えられる。平膜処理ユニットについ

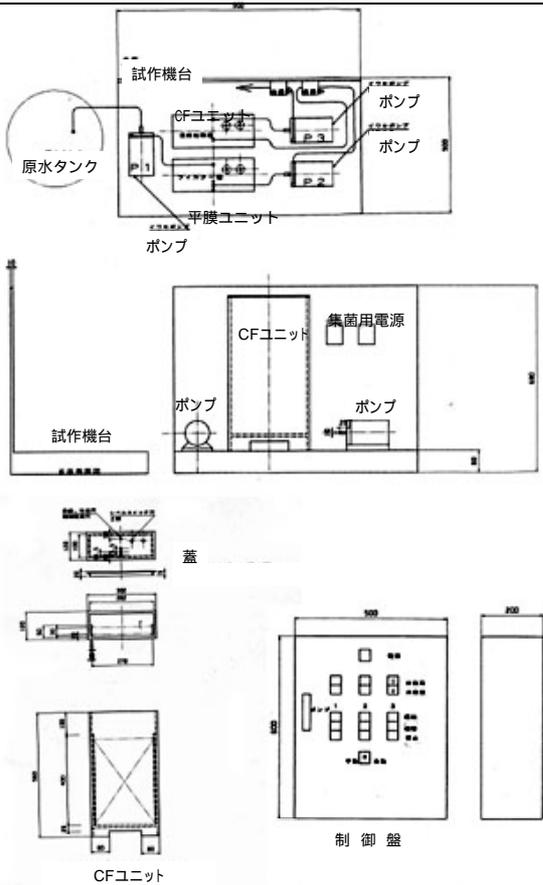


図1 試作機設計図および概観

この試作機を県内企業に設置し、天然水原水の処理を行なった。処理は、まず原水をCFユニットに導入し本集菌方法により微生物を除去し、さらに保証のため、平膜ユニットを通した。CFユニットにはA4サイズのもの2枚を平膜型に設置したものをを用いた。今回の装置では流量は約 2.0L/min とした。電流密度は 0.1mA/cm^2 とした。

なお、菌数測定等は前報¹⁷⁾と同様に行なった。

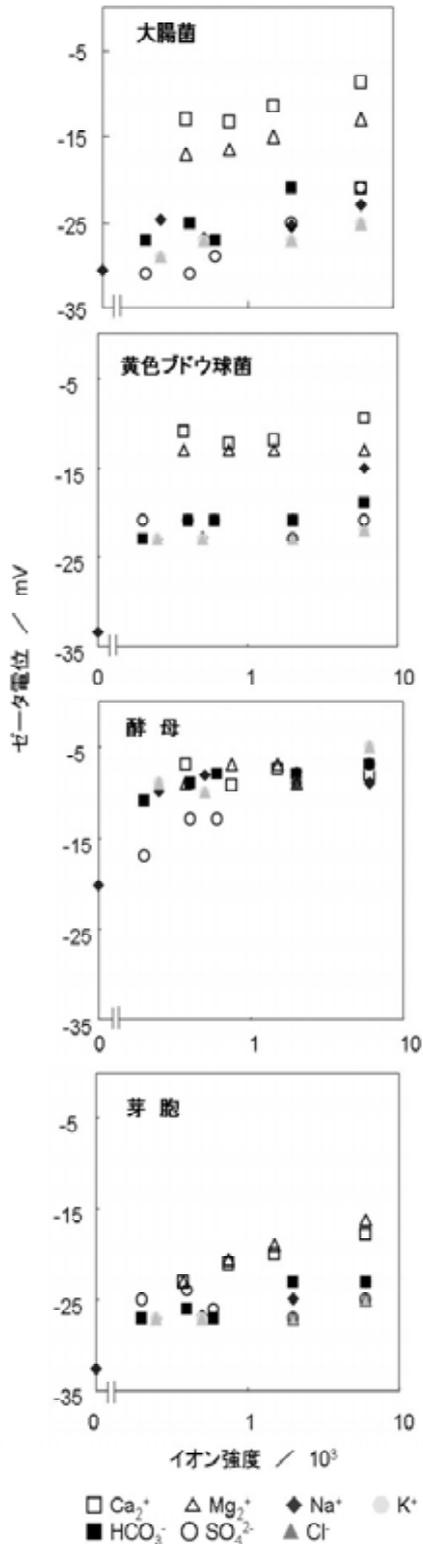


図2 微生物のゼータ電位に及ぼす溶存イオンの影響

ては、流量が徐々に減少した。平膜表面がやや褐色になることから、フミン質等が吸着したためと思われる。ただし、平膜は簡単にユニットからはずし、洗浄できるので、定期的な洗浄により流量

減少を防ぐことができると考えられる。

また、今回の装置では流量は約 2.0L/min としたが、膜枚数を増やすことにより容易に流量を上げることができる。

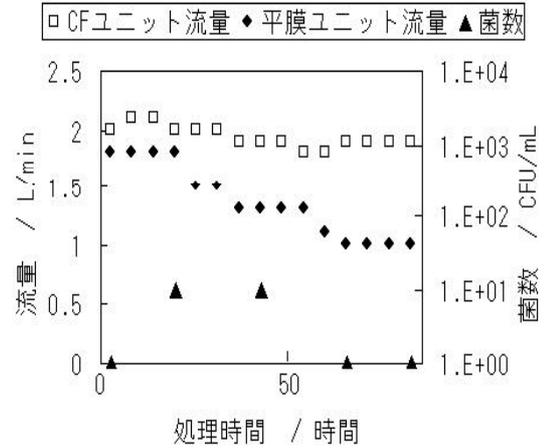


図3 実証試験結果

4 まとめ

(1) 溶存イオンの影響

Ca²⁺、Mg²⁺存在下でも微生物は負に帯電していた。したがって、天然水中でも本方法により集菌除去可能である。

(2) 実証試験

実際の天然水を用いた試験でも除菌できた。また、炭素繊維処理槽では流量の低下も少なく、長寿命、低コストが期待できる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、親切丁寧な御指導、御助言いただいた元東京大学虫明先生並びに埼玉工業大学矢嶋教授に心よりお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 三洋電機(株)：水処理装置，特開 2001-2323643
- 2) Tadashi Matunaga：Electrochemical sterilization of bacteria adsorbed on granular activated carbon，FEMS Microbiology Letters，**93**(1992)255
- 3) Toshiaki Nakajima：Electrochemical Classification of Gram-Negative and Gram-Positive Bacteria，A. and E. Microbiology，**50**,2(1985)

- 4) 小島昭：炭素繊維集合体の形態と微生物固着量との関係, 繊維学会誌, 56, 8(2000)338
- 5) 小島昭：炭素繊維の生物親和性を活用した新しい水環境保全技術, 材料科学, 35, 6(1999)287
- 6) 磯部賢治：微生物の生存戦略, 表面科学, 22, 10(2001)652
- 7) 筏義人：生態代替材料の表面・界面における諸問題, 表面科学, 20, 9(1999)584
- 8) S. Tsuneda：Kinetic Model for Dynamic Response of Three-Phase Fluidized Bed Biofilm Reactor for Wastewater Treatment, Biochemical Engineering Journal, 10, 1(2002)33
- 9) 森崎久雄：表面と微生物の関わり, 表面科学, 22, 10, (2001)638
- 10) 西澤節：ゼータ電位と吸着, 表面, 38, 8(2001)41
- 11) Hang Shi：Active Carbons Double Layer Capacitance, Electrochimica Acta, 41, 10(1996)1633
- 12) 根岸明：CVによる樹脂の炭素化過程の観察, 炭素, 186(1999)13
- 13) Akihiko Yoshida：Effect of Concentration of Surface Acidic Functional Groups of Electric Double-Layer Properties of Activated Carbon Fibers, Carbon, 28, 5(1990)611
- 14) Darren A. Lytle：A systematic comparison of the electrokinetic properties of environmentally important microorganisms in water, Colloids and Surfaces B, 24(2002)91
- 15) Barbara A. Jucker：Interaction in Bacterial Adhesion, Environmental Science and Technology, 32, 19(1998)2909
- 16) J.M.Meinders：Deposition Efficiency Reversibility of Bacterial Adhesion under Flow, J.Colloid Interface Sci., 176(1995)329
- 17) 栗原英紀、近藤康人：集菌技術に関する研究, 埼玉県産業技術センター研究報告, 2(2004)1-5
- 18) 近藤康人、井関正博、高岡大造、滝沢貴久