

# 三次元電極電解槽による殺菌処理

Sterilization Treatment using Three-dimensional Electrolyzer

橋本 浩幸\*  
Hashimoto, Hiroyuki

高橋 剛\*  
Takahashi, Tuyoshi

佐藤 美奈\*  
Sato, Mina

A variety of methods are used for deactivation of organisms to sterilize water to be used for human and industrial consumption. Each of the methods, however, has certain disadvantages, such as low efficiency, high cost, the need for large-scale equipment, or the generation of antibiotic bacteria.

The newly developed system reported on here utilizes specially designed three-dimensional electrolyzers for sterilization of water, and can reduce initial and operating costs efficiently. Since the three-dimensional electrode in the system is made of a porous graphite material having a large surface area, it can attract microorganisms efficiently to its surface for the oxidation reaction.

## 1 まえがき

最近、環境問題に対して世の中の関心が高まりつつあり、例えば新聞や雑誌には「健康な水」「安全な水」等の記事がよく掲載されている。水の汚染は有機物や不純物が混入する場合と、それらが原因となり水中で異常に微生物が繁殖する場合がある。現在、微生物の殺菌は薬剤添加、UV照射、オゾン処理、加熱等々の方法が採られているが、殺菌効果が悪い、耐性菌の発生、運転経費が高額になる等の問題が生じる場合があり、より効率の良い殺菌システムが求められている。

本報告は、微生物の電極への接触効率を高めた電極が三次元的広がりを持つ複極型固定床式電解槽の微生物殺菌技術に関して、その特徴や実施例に就いて解説する。

## 2 微生物殺菌原理

微生物の生細胞が電極（陽極）に接触すると細胞と電極間で電子移動反応が生じ、その結果細胞内補酵素の酸化還元反応が生じ、細胞がその活性を低下することが知られている。微生物種類によって差異はあるが、一般に $+0.5\sim 1.0\text{V}$  vs. SCEの陽極電位が必要である。微生物は液中で自己泳動するがその距離は僅かである為陽極と衝突するには至らず、液流動がなければ細胞-電極反応を生起する事が出来ない。また、微生物のサイズは通常 $10\mu\text{m}$ 以下である為、電極反応を効率良く行うには非常に膨大な電極面積が必要となる。

## 3 複極型固定床電解槽

本システムで使用する複極型固定床電解槽は、電解槽内に開孔径約 $100\mu\text{m}$ のポラス状グラファイト電極を複数積層配置してある。電解槽の両端に設置した給電用電極

\*画像システム機器事業部 第一開発部

に直流電圧を負荷して内部のグラファイト電極を分極させ、複数の電解槽ユニットを生成する。グラファイト電極間には適当な開孔径を有するスペーサーを介在させ電気的短絡を防止し、また、スペーサーの厚さで電極間距離を決定し、電解電圧（特に溶液抵抗）を調節する。

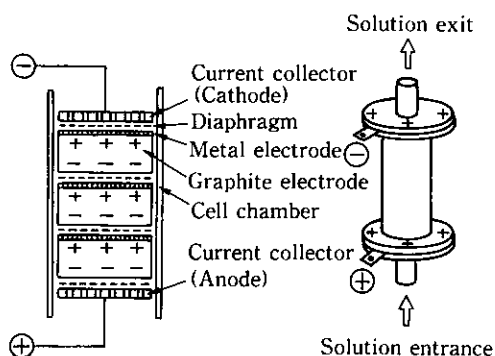


Fig. 1 Bi-polar fixed bed electrolyzer

電極は水溶液中で $+0.5\sim 1.0\text{V}$ の陽分極された状態で安定な材料が必要となる。このような電極材料として白金系材料があるが高価であり、その表面積は二次元的で十分に広くない。また、通常の多孔質或いは繊維状グラファイト電極を三次元電極材料として使用すると、非常に安価で莫大な表面積を持つが、酸素ガスの発生する陽極とした場合、酸化により著しく崩壊劣化する。この両材料の欠点を補い、殺菌効果を得る為陽極部を二重構

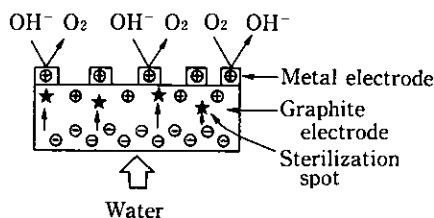


Fig. 2 Prevention of anode decomposition

造にして、DSA電極 (Dimensionally Stable Anode) 上で酸素ガスを専断的に発生させ、その下部のグラファイト電極で微生物を吸着・殺菌する方法を開発した。

#### 4 電解制菌システム装置概略

本システムは、電解槽に処理水を循環供給する方法で、徐々に処理液中の微生物を殺菌し、ある時間後に処理水全量を殺菌する。電解槽に供給された処理液は陽極に複数回接触して、処理液中の微生物が殺菌される。処理液中に多孔質グラファイト電極の開孔を閉塞する様な懸濁物質がある場合には、電解槽入口に適切な濾過機を設置する必要がある。電解槽使用設備では、処理液を介して他設備に微小電流が漏れし、その為に電解腐食が生じる可能性がある。この漏洩電流を防止する為に、電解槽出入口にその一端が接地された単電極を設置した。電解反応により生じる微量な水素ガス及び酸素ガスを電解槽内に滞留させると着火・爆発の危険性が高まる。従って、電解設備設計は、電解ガスが滞留せず、更に処理液流動のない状態では通電が継続しない構造とした。

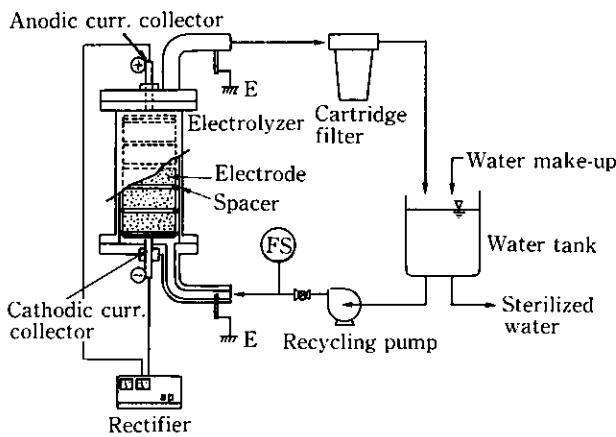


Fig. 3 Process flow of system

Table 1 System specifications

Item	Specification
Electrolyzer	Bi-polar packed bed cell
Power supply used	AC200V (50/60Hz)
Electric power consumption of the system	max. 120W (DC60V×2A max)
Flow rate	50 liters/min
pH cover range	3.0~10.0
Conductivity cover range	0.1~1000 $\mu$ s/cm
Dimensions of the apparatus	530W×320D×770Hmm
Weight of the apparatus	Approx. 40kg

#### 5 電解処理の実施例

[浴場水の電解処理]

T工場 (従業員約200人) の浴場に本電解制菌システム

を設置して、それまで実施していた次亜塩素酸ナトリウム添加を停止し、本システムの効果を試験検討した。

<使用した本システム仕様>

浴場仕様：水量10m<sup>3</sup>の循環風呂・砂濾過器設置

浴場水循環量：約3m<sup>3</sup>/hr、24時間運転

電解装置：ABE-200 (定格；DC55V×1.5A)

電解条件：電流密度 約0.5A/dm<sup>2</sup>

<結果>

①本システム設置前は、毎朝浴場水を抜き清掃作業を行っていた。その時、作業員の入浴前で菌数は10<sup>1</sup>~10<sup>2</sup>個/mlであり、入浴後は10<sup>3</sup>個/ml程度であった。

②本システム設置後は、約20日間水交換や浴槽を清掃する事なしに入浴している。浴場水は異常な臭気・滑りなどは生じず、入浴者は全く不快感を感じない。入浴前菌数は10<sup>1</sup>個/ml程度であり、入浴後は10<sup>3</sup>個/mlとなるが、翌日朝には約10<sup>1</sup>個/mlに戻る。(殺菌効率：99%以上)

③本システムを設置しても2週間以上の間、水を換えないと徐々にアンモニア成分、油、有機物が蓄積して水が高栄養化する為か、菌の増殖率が高くなり、菌の低下率が悪化する。従って、殺菌率を高めた状態で維持する為には2~3週間毎に浴場水を交換することが好ましい。

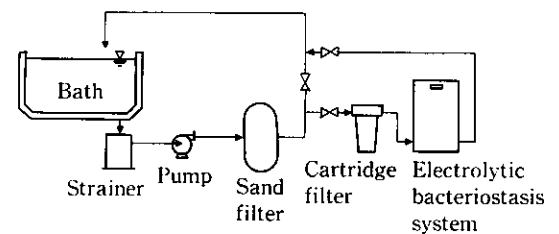


Fig. 4 Recycle bath flow

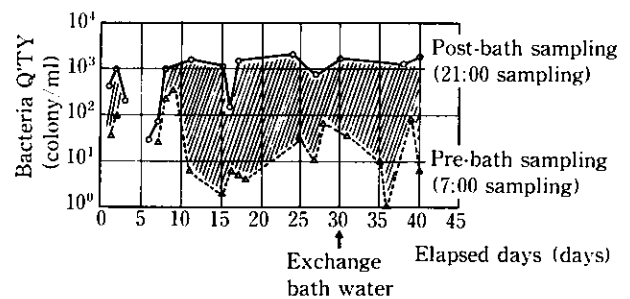


Fig. 5 Operation data of recycle bath

#### 6 まとめ

今回開発した電解制菌システムは複極型固定床式電解槽に処理水を供給し、微生物を陽極酸化反応によって殺菌するシステムである。本装置による殺菌は既存殺菌法 (薬剤添加等) と比較し安全性が高く、また使用される電気量は極めて微小 (max120W) であり今後、有用な殺菌手段と成る事を確信する。