

# モノ表面への細菌の付着を軽減する FFC 水

## —チタン表面の SEM 観察および FVM 測定—

株式会社 赤塚植物園 藤森 忠雄  
〒514-2293 三重県津市高野尾町 1868-3

### 1. はじめに

株式会社 赤塚植物園では、1984 年から水中における鉄イオンの挙動、および水分子と鉄イオンの相互作用に注目し、植物の生育促進と賦活化を目標に多種多様な水溶液の研究開発に取り組んできた。そのような研究から新しい水改質活性化装置である FFC®セラミックスを 1995 年に開発した。この装置により処理された水（FFC 水）は、一次産業、二次産業の幅広い業種の中で活用されており、それぞれの生産者および技術者が独自の仕様方法を確立しながら生産性、コスト低減および農薬軽減などの観点から好調な結果を得ている。また、植物生産施設や水供給システムにおいて FFC 水を利用することにより、施設の汚染や劣化、給排水管の目詰まりなどを引き起こすバイオフィーム形成が抑制されたとの報告も受けている。我々は、これらの現象が FFC 水によるバクテリアの付着抑制に起因していると考え、この解明のために 2004 年からハーバード大学との共同研究を行っている。今回の発表では、チタン片の表面における細菌の付着抑制における FFC 水の影響を紹介する。

### 2. 材料および方法

対照溶液は、脱イオン水 1000 mL に硫酸アンモニウムを 0.22 g、リン酸二水素カリウムを 0.12 g、硫酸マグネシウム七水和物を 0.23 g、塩化カルシウム二水和物を 0.25 g、酵母抽出物を 0.05 g 溶解し、その後加圧滅菌して調製した。FFC 溶液は、脱イオン水に FFC セラミックス（4 個、直径 16 mm、球形）を浸漬し、1 時間スターラーで攪拌することにより調製した FFC 水を用いて、対照溶液と同様の方法で調製した。

FFC 溶液もしくは対照溶液にチタン片（ $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$ 、厚さ 0.5 mm）を浸漬し、その一部に *Pseudomonas aeruginosa*（緑膿菌）を接種し、25°C で振とう培養（120 rpm）した。*P. aeruginosa* を接種したものを 4 日間、接種していないものを 2 日間培養した後、各溶液から取り出したチタン片の表面を走査型電子顕微鏡（SEM）観察および原子間力顕微鏡（FVM）測定し、表面への付着細菌数および表面の力（反発力と付着力）を調査した。

### 3. 結果および考察

SEM 観察によりチタン表面の付着細菌数の測定を行ったところ、細菌の表面密度は FFC 溶液で  $6.2 (\pm 1.3) \times 10^5 \text{ cell/cm}^2$  であったのに対し、対照溶液では  $8.7 (\pm 0.8) \times 10^6 \text{ cell/cm}^2$  となり、FFC 溶液に浸漬したチタン表面では細菌の付着数が有意に低くなった（図 1、2a）。また、対照溶液に浸漬したチタン表面と

細菌表面間に存在する反発力領域は 26 (±2) %であったのに対し、FFC 溶液に浸漬させたチタン表面では 72 (±2) %となり、対照溶液に比べ FFC 溶液に浸漬させたチタン表面では広領域に反発力を有することが示された (図 2b)。FVM 測定結果より、チタン表面に生じた付着力の最大値が対照溶液では 2284 (±40) pN であったのに対し、FFC 溶液では 1784 (±40) pN となり、対照溶液と比較すると FFC 水溶液では付着力が低くなった (図 2c)。

以上の測定結果から、FFC 溶液に浸漬したチタン表面では、その界面に生じる反発力が高まり、かつ付着力が減少することによって、チタン表面に付着する菌数密度が低下したと推察された。

過去に行った実験では、スチール、プラスチック、ガラス表面でも同様の効果が認められた。FFC 水を利用することによってモノ表面への付着細菌数の減少が期待できるため、FFC セラミックスの利用は、植物生産施設や水供給システムなどで問題となるバイオフィルムの形成抑制に対して有効な手法となることが期待できる。

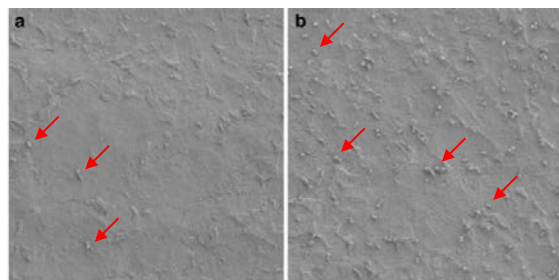


図 1 チタン表面に付着している *P. aeruginosa* (矢印) の SEM 像 (40×40 μm)  
 左: FFC 水で表面処理したチタン表面  $6.2 (\pm 1.3) \times 10^5 \text{ cells/cm}^2$  (62 万個)  
 右: イオン交換水で表面処理したチタン表面 (対照区)  
 $8.7 (\pm 0.8) \times 10^6 \text{ cells/cm}^2$  (870 万個)

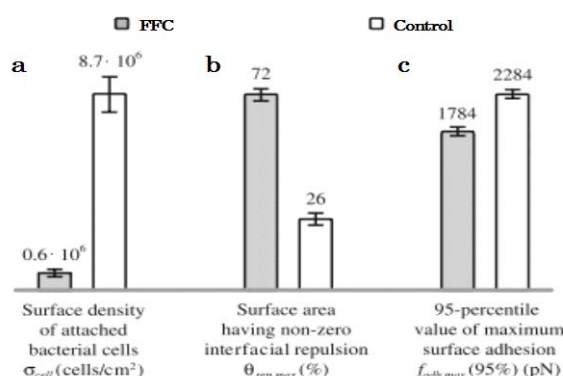


図 2 チタン表面の付着細菌数および性状

a: 付着細菌数、b: 反発力領域の割合、c: 付着力 (最大値の 95 パーセントイル値)