

バイオフィームへの電子注入による 新原理消毒技術の開発

SATテクノロジー・ショーケース2022

■ はじめに

医療現場において感染症の管理が世界規模で問題になっている。抗生物質の不適切な使用による薬剤耐性菌の出現により2050年には世界で1000万人が薬剤耐性菌によって亡くなるとの試算もあり、医療機器の感染管理においても深刻な問題になってきている。一方で、消毒技術に関してはエタノールなどの化学的手法を超える技術は長年にわたり開発されていない。

細菌残留の重要な原因として、細菌集団が作り出す粘着性のバイオフィームの形成が挙げられる。バイオフィームは、高い薬剤耐性や物理的耐久性を持つため、一度形成されてしまうと全て除去するのは極めて困難である。しかも、内視鏡などの多くの精密医療機器において、滅菌処理や物理的な除去が不可能な場合があり、薬剤による消毒に頼らざるを得ない。結果、不完全な殺菌によって細菌の残存や、最悪の場合には多剤耐性細菌を生み出してしまふ。この悪循環が生まれない「耐性菌が発生しない消毒法」の開発は世界的な関心を集めている。しかし、細菌の持つ化学プロセスに干渉する以上、耐性菌の発生は不可避であるとも言える。本研究では、より根源的な物理化学的なアプローチで細菌代謝プロセスを制御する新原理に基づいた消毒手法を開発した。

■ 活動内容

1. 新原理の提唱：電子注入による代謝阻害

細菌は、有機分子等からエネルギーを抽出し、最終的に酸素などの低エネルギー物質に電子を渡すことで代謝を回らせている。そこで、高エネルギーの電子を細菌内部に強制的に注入すれば代謝は止まり、生体の恒常性が崩れ、殺菌効果が得られると考えた。本研究では、電気細菌[1]を利用することで、この新原理を検証した。

2. 電流生成するバイオフィームの発見

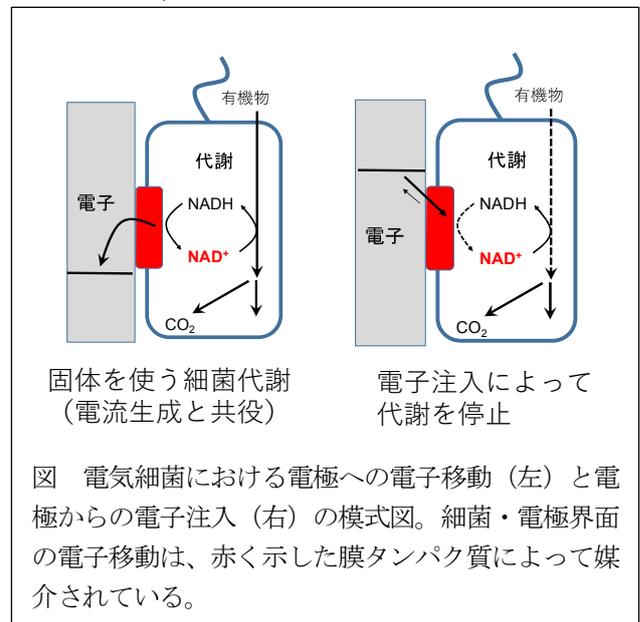
自然界で「分子」ではなく「電子」を細胞外へと移動させることで活性化・共生する電気細菌[1]は、近年病原細菌でも見つかっており世界的に注目されている[2]。申請者は、AMED-PRIME事業（2016-2019）での研究を通して、*Klebsiella pneumoniae*などの複数の病原細菌が電気細菌であることを明らかにした（図左）[3,4]。電気細菌では、電極と細胞内の代謝プロセスが電氣的につながっており、電子の注入が容易に実現できる（図右）。そこで、電気細菌を用いることで提案の殺菌原理の検証を行なった。

3. 電子注入による消毒原理の検証

電極上に形成させたバイオフィームに対して電子注入を行うと、代謝活性が半分以下にまで減少した。さらに、添加剤を用いて電子注入速度を加速させると95%以上の代謝活性の減衰が見られた上に、コロニーカウントによる生菌数は処理前の3%程度まで減少した。電子を注入する消毒手法が高い効果を示した。さらに、この手法は従来の化学的な殺菌法とも組み合わせることができる。現在国内企業2社との共同研究が以下の特許[5]をベースに進行している。

■ 関連情報等(特許関係、施設)

- [1] Liang S. et al. *Nat. Rev. Microbiol.* 14, 651–662 (2016)
- [2] Light et al. *Nature*, 562, 140–144 (2018)
- [3] 岡本らの原著論文(a) *Frontiers in Microbiology*. 9, 3267org1-9 (2018) (b) *ChemElectroChem*. 7 (9), 1954-1954 (2020) selected as front cover. (c) *Biosensor and Bioelectronics*, 162, 112236 (2020)
- [4] 岡本らの総説 *iScience*, 24, 102068 (2021)
- [5] 関連特許 出願番号：特願 2021-099812、2020-016032, 2019-000022



代表発表者 岡本 章玄(おかもと あきひろ)
 所属 物質・材料研究機構
 国際ナノアーキテクトニクス研究拠点
 問合せ先 〒305-0044 つくば市並木1-1
 TEL: 029-860-4430
 OKAMOTO.akihiro@nims.go.jp

■キーワード：(1) 感染症管理
 (2) バイオフィーム
 (3) 多剤耐性菌
 (4) 微生物発電