

ナノ構造における抗菌メカニズム解明を目指した微小空間での電気化学インピーダンス測定

Electrochemical impedance measurements in a micro cell for understanding bactericidal property on nanostructured surface

○増田恭介¹, 神代啓輔¹, 藤野優佑¹, 小嶋寛明², 山下一郎³, 清水智弘¹, 新宮原正三¹, 伊藤健¹

(1. 関西大院シス理工, 2. 情報通信研究機構, 3. 大阪大学大学院工学研究科)

○Kyosuke Masuda¹, Keisuke Jindai¹, Yusuke Fujino¹, Hiroaki Kojima², Ichiro Yamashita³, Tomohiro Shimizu¹, Shoso Shingubara¹, Takeshi Ito¹

(1. Graduate School of Sci. Eng., Kansai Univ, 2.NICT, 3. Graduate School of Eng., Osaka Univ.)

E-mail: k251982@kansai-u.ac.jp

1. 序論

近年、優れた機能を持つ生物特有のマイクロ・ナノ構造を利用し、社会に役立てる研究(バイオミメティクス)が盛んとなっている。その中でもセミやトンボの翅上に無数に存在するナノメートルオーダーの微細構造は、物理的に細菌を死滅させる抗菌・殺菌作用を示すことが報告されている。¹⁻³⁾ 微細構造上での抗菌メカニズムとして、構造と細菌が相互作用することで細胞膜が引き伸ばされ、細胞膜が破れることで細胞内液が漏出し死滅すると考えられているが、⁴⁾ 詳しいメカニズムは解明されていない。そこで本研究では、ナノ構造表面での細胞付着及び殺菌メカニズムの解析をするため、電気化学インピーダンス(EIS)測定と蛍光顕微鏡を用いた微生物蛍光像の同時計測に注目した。今回、評価用デバイスの作製及び実際に EIS 測定を行った結果について報告する。

2. 実験方法

Si 基板上に電子線リソグラフィとパルスめっきを用いて直径 100 μm の領域に金ナノ構造を持つ電極を作製し、これを作用電極とした。一方で作用電極の表面状態を顕微鏡で観察するために、ガラス基板上にフォトリソグラフィとスパッタリングを用いて対向電極、参照電極を作製した。参照電極には銀塩化銀ペーストを固化して利用した。これらを Fig.1 に示すように対向させ、電極間にサンプル導入チャンバーを持つ厚さ 500 μm のシリコンゴムを挟み込み、ネジによって固定した。続いて、NaCl(0.15 M), $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-/4-}$ (1 mM)を含む PBS(pH=7.4)を 40 μL 、ガラス基板に設けた穴から注入し、ナノ構造を持つ電極の交流インピーダンス測定を行った。また、測定液を 1000 μL 滴下して測定した場合のナイキスト線図と比較した。

3. 実験結果

得られたナイキスト線図を Fig. 2 に示す。液量 40 μL の場合と 1000 μL の場合では低周波数領域での波形が大きく異なっていることが分かる。液量 40 μL の場合では低周波数領域の波形が弧を描くようなものとなっている。これは測定液の層が薄く、酸化還元種である $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-/4-}$ の拡散が制限されたことによる有限拡散抵抗に伴うスペクトルが出現したと考えられる。図ではわかりにくいだが、高周波領域には電荷移動抵抗に起因した小さな半円を捉えることができた。

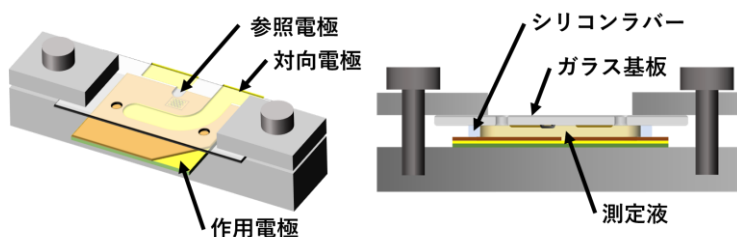


Fig. 1 Schematic of a micro cell
(left: overall, right: cross section)

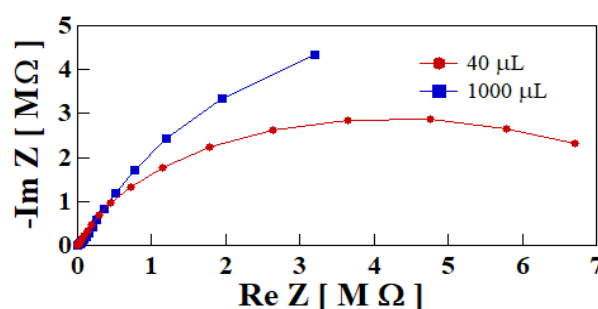


Fig. 2 Electrochemical impedance spectra
on the micro and bulk-scale cell.

【参考文献】

- 1) E. P. Ivanova, et al. : Small 8, p. 2489-2494 (2012)
- 2) E. P. Ivanova, et al. : Nature Communications 4, p. 1-7 (2013)
- 3) A. Tripathy, et al. : Advances in Colloid and Interface Science, 248, p. 85-104 (2017)
- 4) K. Nakade, et al. : ACS Applied Nano Materials, p. 5736-5741 (2018)