

バイオ応用を目的とした 大気圧 He プラズマの細胞に対する電気的作用の数値解析 Numerical Analysis of the Electrical Action of Atmospheric Pressure He Plasma on Cells for Bio-applications

千葉工大¹, 東京都立大², 大分大³ ○(B) 杉野 拓海¹, (M2) 佐々木 瞬¹

山内 翔太², 八木 一平², 内田 諭², 立花 孝介³, 小田 昭紀¹

Chiba Inst. Technol.¹, Tokyo Metropolitan Univ.², Oita Univ.³

○Takumi Sugino¹, Shun Sasaki¹, Shota Yamauchi², Ippei Yagi²,

Satoshi Uchida², Kousuke Tachibana³, Akinori Oda¹

E-mail: s19A4081pn@s.chibakoudai.jp

1. 背景

近年, 低温大気圧プラズマは, プラズマ中で様々な化学反応プロセスで生成される活性粒子種の優れた細胞毒性から, がん治療, 止血, 創傷治療などの生体組織や細胞に対して直接的な処理ができる^[1] 革新的医療効果をもたらす技術として注目されている^[1]. プラズマ医療では, プラズマ中の活性種を生体に照射すると同時に電気的刺激を与えるとプラズマが細胞に与える医療効果の影響が大きいと報告されている. しかし, 電気的要因の生物学的意義は不明な点が多くプラズマ医療の発展の妨げとなっている.

そこで本研究では, プラズマとプラズマの照射対象を等価回路解析するために, 木戸らの報告^[2]を参考にモデルを構築した. 細胞への電気的作用の調査として電気穿孔を目的とした細胞膜に流れる電流の特性, 電流密度の径方向依存性について数値解析を行ったので報告する.

2. 解析手法

本研究では, 計算モデル・等価回路および計算条件を以下のように構築した. 計算モデル・等価回路の概略図および計算条件を図 1 に示す. 培養プレート層, 細胞層, 緩衝液層の縦に並ぶ 3 層構造で, 細胞層は細胞膜と細胞質からなる. プラズマ幅 0.5 cm, 培養プレート層を 1.5 mm とし, 細胞層は 50 μm , 緩衝液層を 0.1 mm とした. そのうえで, 原料ガス He (N_2 : 20 ppm), 駆動周波数 20 kHz, 電圧振幅を 15 kV また圧力 760 Torr, ガス温度 300 K として解析を行った. 軸方向と径方向の影響を再現するため緩衝液層と細胞層において両方向に抵抗とコンデンサを配置した.

3. 結果及び考察

Fig.2 に緩衝液層と細胞層における電流密度の径方向依存性の先行研究との比較を示す. 本図の青色(緩衝液)と赤色(細胞)の点線が径方向の電流密度, 緑の 2 点が軸方向の電流密度を示す. 径方向の電流密度は中心から外側になるにつれ減少傾向を示す. 一方で軸方向の電流密度は径方向の位置に関わらず同じ値を取る

傾向にある. 先行研究より電流密度: 5~30 $\mu\text{A}/\text{mm}^2$ 付近で電気穿孔を生じると報告されているため, 計算結果と比較すると電気穿孔生成条件を満たしていることがわかる. その他結果については講演当日に報告する.

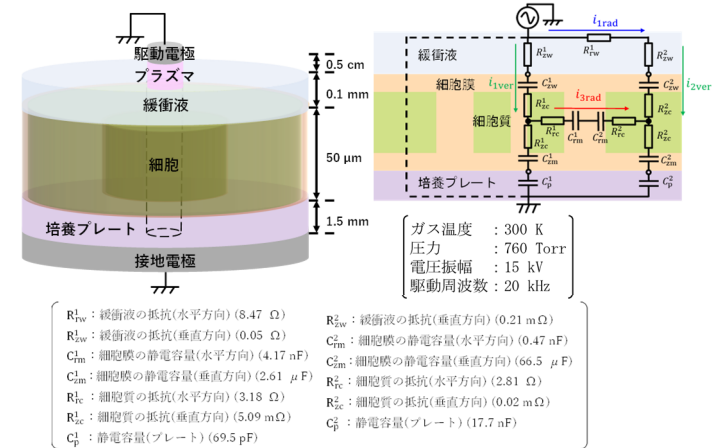


Fig.1 Schematic of computational model of atmospheric pressure He (N_2 : 20 ppm) plasma

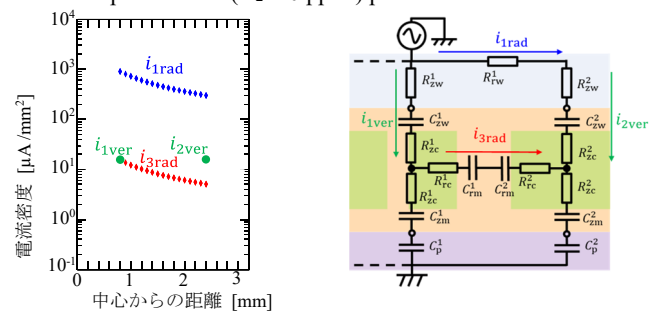


Fig.2 Radial dependence of the current density in cell membrane

4. 謝辞

本研究は, 科学研究費補助金 (21H01317, 代表: 内田 諭) の助成を受けて遂行された. ここに謝意を表する.

文 献

- [1] 田中宏昌, 堀勝, ファルマシア, 第 51 巻, 第 11 号, pp.1053 - 1057 (2015)
- [2] Y. Kido *et al.*, PLoS ONE 16 (1) e0245654 (2021)