

# 歯根管の高周波電流治療における電場分布の解析

## Analysis of electric field distribution at high frequency current therapy in tooth root canal

水木春苗、富岡智、山内有二、松本裕、東直樹、菅谷勉

MIZUKI Hana, TOMIOKA Satoshi, YAMAUCHI Yuji, MATSUMOTO Yutaka,  
HIGASHI Naoki, SUGAYA Tsutomu

北大  
Hokkaido Univ.

【研究背景と目的】 歯の根元、いわゆる歯根管の感染に対する治療に、高周波電流が有効であることが近年わかってきた。治療に有効なプロセスとして焼灼とプラズマの生成物による化学反応が考えられるが、その詳細は解明されていない。模擬実験では発光がみられたため、プラズマが生成されている可能性が高い。プラズマは空気の絶縁破壊電界である3500 kV/mを超えると発生することから、本研究では高周波電流を使った際の歯の電場分布を解析し、評価することを目的とした。

【解析手法と解析条件】 電場分布を解析する手法を以下に記す。マクスウェル方程式より求められる。 $\nabla^2 V + k^2 V = 0$ を支配方程式とし、境界要素法を用いて電位 $V$ を求め、これを用いて電界 $E$ を求めた。 $k$ は波数であり、角周波数 $\omega$ 、透磁率 $\mu$ 、誘電率 $\epsilon$ 、導電率 $\sigma$ を用いて $k^2 = \omega^2 \mu \epsilon - j \sigma \mu \omega$ と表せる。また、 $P = \sigma E^2$ より電力密度を求めた。図1は歯と気泡の部分それぞれを拡大した体系であり、(a)歯の体系、(b)気泡が円形の体系、(c)は気泡が長方形の体系を示している。実際の装置に合わせて印加電圧200 V、周波数520 kHzとした。媒質間の境界には電位連続性と電束密度連続性の境界条件を与えた。生理食塩水、空気、歯、歯肉の比誘電率をそれぞれ80, 1, 8, 50 とし、生理食塩水、歯肉の導電率をそれぞれ1.3, 0.2 S/mとした。比透磁率はすべて1とした。

【結果と考察】 図2-(a)に気泡なしのときの電力密度分布を示す。生理食塩水中の電力密度は生理食塩水中の細い部分で特に高くなり $1.0 \times 10^9$  W/m<sup>3</sup>となった。これより、0.5秒の治療で約125℃上昇することから、細い部分で沸騰し、気泡が発生すると考えられる。図2-(b)に気泡が円形のときの電力密度分布を示す。気泡と歯に挟まれた生理食塩水中で電力密度が特に高くなり、 $5.0 \times 10^9$  W/m<sup>3</sup>となった。これより、0.1秒の治療で約125℃上昇することから、その部分で沸騰すると考えられる。沸騰により歯と気泡間の生理食塩水領域が消失し気泡の形が長形状になると考えられるため、解析を行った。

図3に気泡がないとき、円形のとき、長方形のときのy軸上の電界を示す。気泡中の電界は円形の

ときより長方形のときのほうが高くなった。気泡と歯が接触したことで長方形のときの電界が高くなった。しかし、気泡が円形のときの気泡中の電界は約100 kV/m、気泡が長方形のときの気泡中の電界は約250 kV/mとなり、気泡中の電界は空気の絶縁破壊電界を越えなかった。

水蒸気の絶縁破壊電界は1800 kV/mとなる実験結果が報告されているため[1]、絶縁破壊電界が下がると考えられる。また、その中にNa等があればさらに絶縁破壊電界が下がる可能性がある。

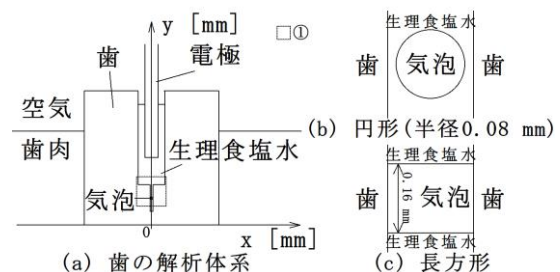


図1 歯と気泡の体系

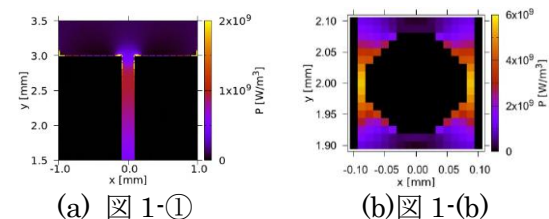


図2 電力密度分布

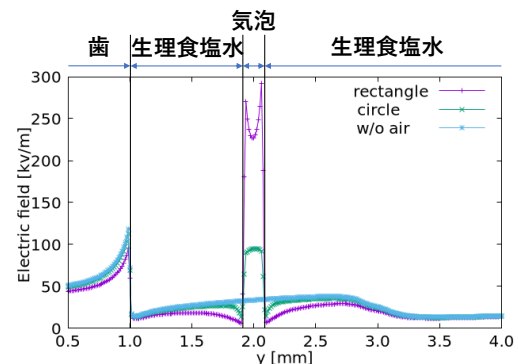


図3 y 軸(x=0)上の点の電場分布

### 【参考文献】

- [1] P. J. Bruggeman, C. A. Leys, J. A. Vierendeels  
Journal of Applied Physics 99, 116101 (2006)