

# 空隙 100 mm の磁気ハイパーサーミア用 磁気回路型磁場発生装置の開発

伊藤哲也\*, 中川貴, 長谷川諒, 清野智史, 山本孝夫  
(大阪大学 大学院工学研究科)

Development of a 100-mm gap magnetic circuit type magnetic field generator for magnetic hyperthermia

T. Ito, T. Nakagawa, R. Hasegawa, S. Seino, T. Yamamoto  
(Graduate School of Engineering, Osaka University)

## 1. 研究背景

近年, 新たながんの治療法として磁気ハイパーサーミア療法が注目されている。これは適切な発熱体をがん患部周辺に挿入し, 体外から交流磁場を印加することで発熱体を発熱させ, がん細胞を加温する治療法である。発熱体には金属の針や磁性流体などが検討されており, その発熱量は磁場強度に強く依存する。さらに発熱体は体内のどの位置にあっても適当な温度まで上昇できる必要があり, そのために体内の広い領域に均一かつ高強度な交流磁場を発生できる装置が求められている。これまで我々は, 人体適用規模である空隙 300mm の装置の前段階として, 空隙 50 mm の磁気回路型磁場発生装置を作製し, 得られる磁場の空間均一性を示してきた<sup>1)</sup>。本研究ではそれを小動物治療に適用可能な空隙 100 mm に拡張した装置を作製・評価した成果について報告する。

## 2. 実験

フェライト(日立フェライト電子, ML33D)を用いて磁気回路を構成し, 100 mm の空隙を持つ磁気回路型磁場発生装置を作製した(Fig. 1)。励磁コイル  $L_e$  は整合器を介して電源装置に接続され, 共振回路を構成する(Fig. 2)。共振条件の調整は整合器内の可変インダクタ  $L_m$ , 可変キャパシタ  $C_m$  を用いて行い, 磁場強度の測定にはピックアップコイルを用いた。本研究では磁場発生装置が持つ励磁能力を周波数  $f$  と磁場強度  $H$  のべき乗の積で表し, これを推定発熱指標(Estimated Heating Index : EHI)と呼ぶ。発熱体として有用とされている磁性流体の EHI は  $fH^2$  である。この装置を一定電力で稼働させ, EHI が最大になるよう共振回路の最適化を行う。

## 3. 実験結果と考察

実験より,  $7 \times 2$  巻きのコイルを使用し,  $C_m$  を 500 pF に設定して共振( $f = 417.5$  kHz)させた場合に磁性流体の EHI が最大になることがわかった(Fig. 3)。コイルの巻き数を増やす( $L_e$  を増加させる)と磁場強度は増加するが, インピーダンスが増加し励磁電流が減少する。また,  $C_m$  を増加させると励磁電流は増加するが, 共振周波数  $f$  が減少する。これらのことから EHI を最大にするための条件は一意に定まり, 空隙 100 mm の磁気回路型磁場発生装置では, 上記の条件が最適であることが明らかとなった。

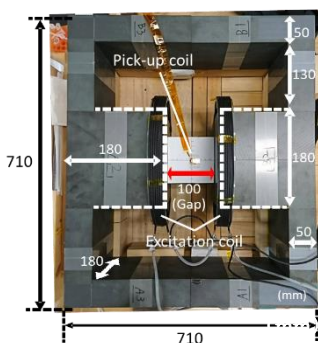


Fig. 1 Magnetic field generator

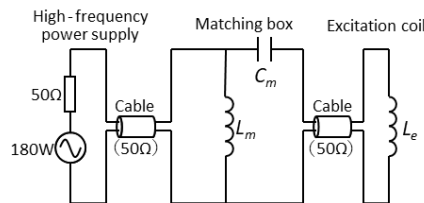


Fig. 2 Resonant circuit

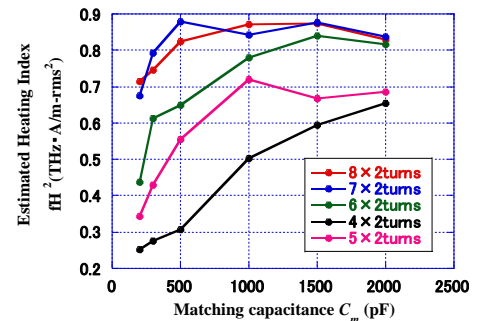


Fig. 3 Relationship between matching capacitance and estimated heat index

## 参考文献

- 1) R. Hasegawa, T. Nakagawa, S. Seino and T. A. Yamamoto, "Optimization of Resonant Circuit and Evaluation of Magnetic Field Uniformity with 50 mm Gap Magnetic Field Generator", J. Magn. Soc. Jpn 42(2018) 90-95.