

度を4 A/mm<sup>2</sup>として実験を行った。

Merritt 4コイルを連続駆動させた場合の  
コイルにおける温度上昇の測定結果を図26  
に示す。図15におけるcoil 1の中央部と角  
の温度変化を熱電対センサを用いて測定し  
た。コイル電流19 Aで連続運転させたとき  
のコイル1の中央 (▲) 及び角 (●) の温  
度を熱電対センサによって測定した。両測  
定温度共に60 °C以内の値に漸近している  
ことが確認できる。連続運転開始50分以降  
は温度がほぼ一定になる。また、角と中央  
ではその温度差が5°C程度あることも確認  
できる。

次に図27にコイル表面温度及び共振用コ  
ンデンサ温度をサーモレーサ (NEC三栄  
TH6200) で測定した結果を示す。これは、

連続運転開始85分後における発熱の様子で  
あり、温度が一定になった際の測定結果で  
ある。まず、coil 2, 3よりも巻数の多い  
coil 1, 4の方が発熱していることが分かる。  
最高温度で48°C弱であり、内面より10°C程  
度低いことが確認できる。また、共振用コ  
ンデンサは、駆動前の温度とほぼ変化せず、  
長時間駆動にも耐えうるコンデンサ設計が  
行えたことが分かる。

これらの結果より、磁界発生用コイル内  
外面ともに60°C以内の発熱に抑えることが  
できたことが確認できた。また、この結果  
は自然空冷とした場合の実験結果であるた  
め、ファンや水冷装置などを使用した場合  
は大きな冷却効果が期待できる。

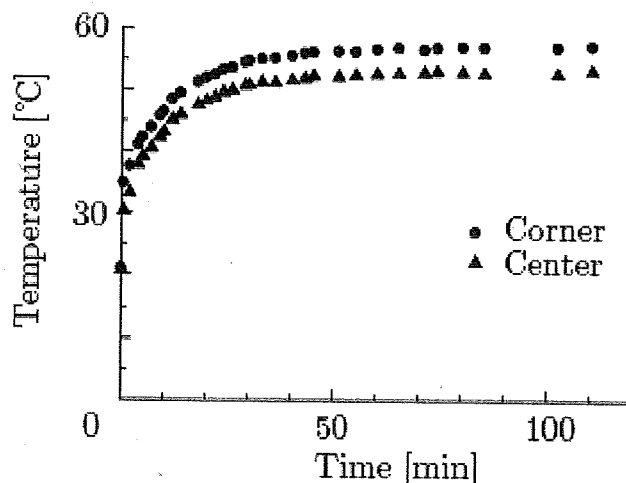


図 2 6 Merritt 4コイルの温度上昇測定結果

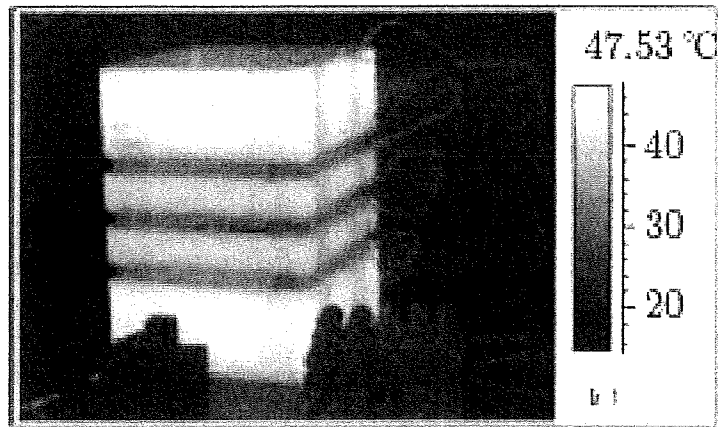


図 2 7 サーモグラフ法により測定したMerritt 4コイル駆動時の温度分布。図は駆動開始から85分後の結果である

#### 4. まとめ

ここでは、共振用コンデンサ設計・試作し、その共振用コンデンサを用いて試作コイルの駆動実験の結果を示した。本装置における共振用コンデンサは、その用途から高耐圧が求められる。また、長時間連続駆動に耐えうるコンデンサ特性であることも条件である。そのため、誘電正接 ( $\tan\theta$ ) が小さく、温度特性も優れていることが求められる。本装置では、産業用誘導加熱器等で実際に使用されているメタライズドポリプロピレンフィルムコンデンサで構成した。その結果、長時間駆動させた場合も安定した磁界出力を得ることができた。また、

コンデンサ発熱による容量変動を抑制するために、電圧・電流定格を実際の使用状態に対して2倍として設計した。

出力磁界確認実験では、全ての試作コイルにおいて磁界計算に対して約2%程度の精度で出力できることが明らかとなった。これより、磁界計算及びコイル設計法の妥当性、有用性を確認することができた。また、各出力波形を確認し、ひずみの少ない交流磁界を出力できていることも確認した。

コイル発熱検討実験では、自然空冷において電流密度4 A/mm<sup>2</sup> という制限が妥当であることを証明した。また、長時間連続駆動させた場合でも安定した磁界が出力でき

ることを確認した。

#### G. 参考文献

- [1] J.L.Kirschvink, "Uniform Magnetic Fields and Double-Wrapped Coil Systems: Improved Techniques for the Design of Bioelectromagnetic Experiments", *Bioelectromagnetics* 13:401-411, 1992.
- [2] Lee-Whiting GE: "Uniform Magnetic Fields", Atomic Energy of Canada, Ltd., Chalk River Project Research and Development, Report CRT-673 (1957)
- [3] R.Merritt, C.Purcell, and G.Stroink, "Uniform magnetic field produced by three, four, and five square coils", *Review of Scientific Instruments*, 54:879-882, 1983.
- [4] 西村泉, 今井節夫, 根岸正: "中間周波磁界の生物影響評価ー 20kHz 磁界のラット胚・胎児の発生に関する生殖発生毒性評価ー", 電力中央研究所報告, V07003(2008)
- [5] T.Shigemitsu, T.Negishi, K.Yamazaki, Y.Kawahara, A.Haga, K.Kobayashi, and K.Muramatsu, "A Newly Designed and Constructed 20kHz Magnetic Field Exposure Facility for In Vivo Study" (2008)
- [6] A.Fujita, Y.Kawahara, S.Inoue, and H.Omori: "Development of a Higher Power Intermediate-Frequency Magnetic Field Exposure System for In Vitro Studies", *Bioelectromagnetics* (2009)
- [7] ランダウ, リフシツ: "電磁気学 1", pp.150-159, 東京図書(1956)
- [8] 後藤憲一, 山崎修一郎: "詳解電磁気学演習", pp.271-278, 共立出版株式会社, (1970)
- [9] 小塚洋司: "電磁気学 その物理像と詳論", pp.164-260, 森北出版株式会社(1998)
- [10] 中園聡, 池畑政輝, 西村泉, 根岸正, 重光司: "IF磁界の生物影響評価ー細胞用IF磁界ばく露装置の開発と微生物を用いた変異原性評価ー", 電力中央研究所報告, V04008 (2005)

#### H. 発表業績

(1)木暮晋太郎, 和田圭二, 鈴木敬久: "20 kHz 高磁界発生装置の開発", SPC-08-167, pp. 37-42 (2008).

(2) 木暮晋太郎, 和田圭二, 鈴木敬久: "電圧形インバータを用いた20 kHz 磁界発

生装置の開発", 電気学会全国大会(2009).

(3) S.Kogure, K.Wada, Y.Suzuki :  
"Development of a Magnetic-Field Generator  
at 20 kHz using a Voltage-Source Inverter for  
Biological Research", European Conference on  
Power Electronics and Applications (2009).

(4) 木暮晋太郎, 和田圭二, 鈴木敬久 : ”  
電圧形インバータを用いた細胞ばく露評価  
用20 kHz 磁界発生装置の開発", 電子情報  
通信学会技術研究報告 EMCJ2009-88  
(2009).

(5) 木暮晋太郎, 和田圭二, 鈴木敬久 : ”  
細胞ばく露評価用磁界発生装置の高出力化  
に向けた検討", 電気学会半導体電力変換研  
究会, SPC-10-043 (2010).

