

金属系磁性粒子を用いた高発熱体の磁気特性と医療等への応用

柴田優花¹ 大多哲史¹ 山田 努¹ 深瀬美紀子² 藤田雄一郎² 竹村泰司¹
 (¹横浜国立大学 ²大同特殊鋼株式会社)

Magnetic properties and medical applications of high heating agents using metallic magnetic particles

Y. Shibata¹, S. Ota¹, T. Yamada, M. Fukase², Y. Fujita², Y. Takemura¹

¹Yokohama National University, ²Daido Steel Co., Ltd.

はじめに

がんの温熱治療（ハイパーサーミア）は、傷跡や副作用等の患者負担が軽微な治療法として期待されている。磁性ナノ粒子は、抗体を結合させることによる腫瘍選択性などの機能化や、注射や点滴等による低侵襲な体内への導入といった利点があり、発熱体として広く研究されている¹⁾。しかしながら腫瘍部に集約可能な濃度（重量）の磁性ナノ粒子から温熱治療に十分な発熱を得ることは容易ではなく、高発熱体のさらなる研究開発が求められている。

今回、金属系磁性粒子を作製し、その高発熱特性を含む磁気特性を明らかにしたので報告する。またシート状材料としたときの発熱特性も検討し、ワイヤレスでかつ火気や通電が不要な発熱体として温熱治療以外の用途も期待される。

金属系磁性粒子の磁気損失

がん温熱治療に必要な発熱量やそれを実現するための磁性ナノ粒子の磁気特性及び励磁条件が明確になってきているが²⁾、他方、人体サイズの空間分布を維持しつつ、十分な強度及び周波数の磁界を発生させることも容易ではない。そこで30~50 kHz程度と比較的低周波数領域の励磁でも、高い発熱を示す磁性粒子という観点から本研究を報告する。

作製した材料は、Feを含む金属合金の磁性粒子である。種々の粒径をもつ粒子を作製、評価しており、粒径は、1~10 μm程度の範囲である。Fig. 1に磁化曲線の一例を示す。粉末状のサンプル及びそれをシート状に加工したサンプルの直流磁化特性である。両サンプルとも、 $H=4\text{ kA/m}$, $f=50\text{ kHz}$ の励磁下において25°C程度の発熱が得られた。サンプル形状等が異なるために発熱温度での比較評価は困難であることと、温度測定からSLP (Specific Loss Power)を見積もることの不確かさも指摘されているために³⁾、我々は交流磁化曲線から磁気損失を定量評価している⁴⁾。磁化曲線からシート状サンプルが粒子状サンプルに対して約2.6倍のSLPを示すことがわかった。低励磁条件で高い発熱が期待されることからバイオ医療応用に限らず、さらにシート状という選択肢も存在することで期待される用途等も報告する。

参考文献

- 1) Q.A. Pankhurst, J. Connolly, S. K. Jones, J. Dobson, *J. Phys. D: Appl. Phys.*, **36**, R167 (2003).
- 2) H. Mamiya, B. Jeyadevan: *Sci. Rep.*, **1**, 157 (2011).
- 3) R.R. Wildeboer, P. Southern, Q.A. Pankhurst: *J. Phys. D: Appl. Phys.*, **47**, 495003 (2014).
- 4) H. Kobayashi, A. Hirukawa, A. Tomitaka, T. Yamada, M. Jeun, S. Bae, Y. Takemura: *J. Appl. Phys.*, **107**, 09B322 (2010).

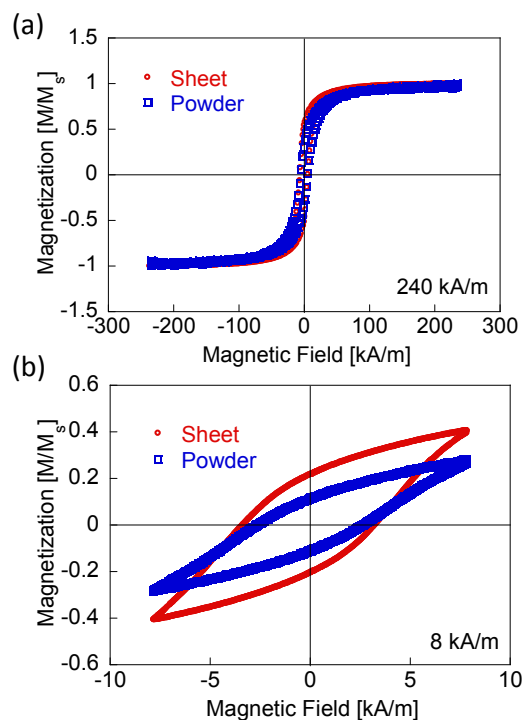


Fig. 1 DC magnetization curves of metallic magnetic particles in powder-state and sheet-state. (a) $H = 240\text{ kA/m}$, (b) $H = 8\text{ kA/m}$.