

# 癌の局所加温治療への応用を目的とした発熱微粒子材料の開発

環境材料工学科・平澤 英之

現在、日本人の死因の第一位が悪性新生物（がん）によるものであり、日本では年間約 30 万人もの人が癌によって死亡しています。（厚生労働省：人口動態統計より）現在行われている癌の治療法として、最も効果的な方法は外科手術による切除ですが、患部の位置や進行度合、合併症や患者への負担を考慮したとき、切除を行なうことが不可能であることも少なくありません。その場合、化学療法・放射線療法などを行なうこととなりますが、完治は難しく副作用なども考慮すると現状では確実な手段であるといえません。そこで、注目されるようになったのが、癌細胞が熱に弱く、約 42.5 以上の温度で腫瘍部が壊死するという性質を利用した、温熱治療（ハイパーサーミア）です。この、癌細胞の弱点を利用した温熱治療は、効果的に腫瘍部にダメージを与えるだけでなく、生体内にHSP(ヒートショックプロテイン)を発現させ、癌に対する免疫機能を向上させることも確認されており、臓器を摘出せず温存できる優れた治療法であるといえます。しかし、深部癌においては血流による冷却効果などから昇温は難しいため、本研究では、より効果的に腫瘍部のみを発熱させる、「誘導焼灼療法」の確立と、有効な材料の作製、及び評価を行っております。

誘導焼灼療法では、生体内に投与した材料を誘導加熱により発熱させ癌細胞を焼灼します。その際、健康細胞にはダメージを与えず、患部のみを選択的に発熱させる方法として、材料を癌への標的指向性を持たせたりリポソームで包埋することを考えております。これにより、血管から投与した発熱材料は癌患部にのみ留置され、効果的に腫瘍部を壊死させることができます（図1）。このような治療法の確立において非常に重要となるのが、使用する材料です。以上を踏まえると、本治療法への応用を目指す材料には、微粒子であること、生体適合性を持つこと、誘導加熱において高い発熱を示すこと、の以上3つを充足する必要がある、特にの微粒子化は粒子径約 50nm 以下である必要があります。そこで我々は、逆共沈法によるフェライト微粒子の合成と、交流磁場中での発熱特性の測定を行っております。

交流磁場中での発熱メカニズムは現在厳密には解明されておきませんが、一般的には材料の渦電流損失、ヒステリシス損失によるものであるとされております。我々の研究室では、これまでに様々な市販のフェライト粉末を交流磁場中に置いた場合、マグネシウムフェライト（ $MgFe_2O_4$ ）が最も高い発熱を示すことを発見しました。そこで、これらのフェライト粉末それぞれについてヒステリシス損失を測定したところ、発熱特性とほぼ直線関係を示し、これによりフェライト粉末では磁氣的性質が交流磁場中での発熱に強く影響を及ぼすことがわかりました。そこで、結晶を歪ませることにより磁氣的性質を向上させることを目的とし、 $MgFe_2O_4$ の一部にイオン半径の大きい  $Ca^{2+}$  を置換させた  $Mg_{0.5}Ca_{0.5}Fe_2O_4$  を作製したところ、非常に高い発熱特性を示しました。（図2）

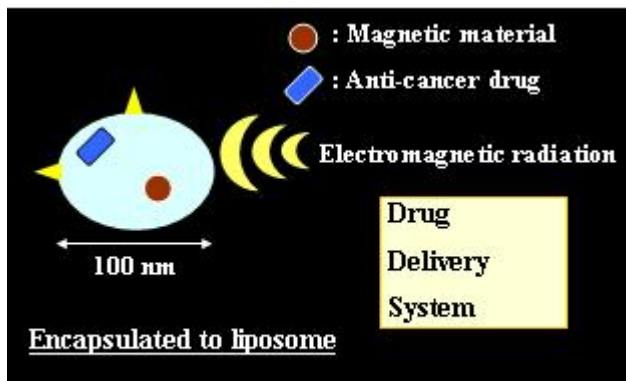


図1 誘導焼灼療法の概要

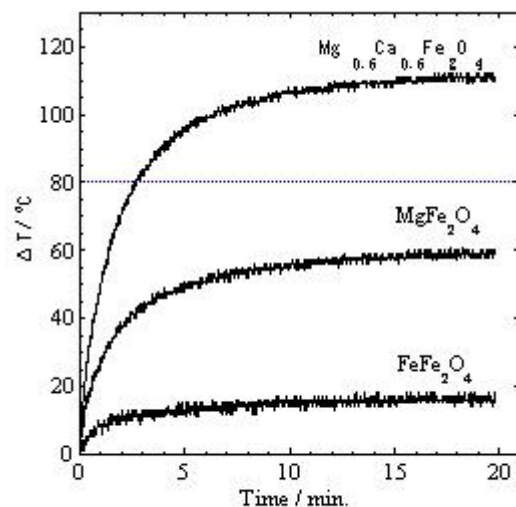


図2 様々なフェライトの発熱特性