

超低磁場 SQUID-NMR 法による T_1 緩和時間の温度依存性評価

Temperature Dependence of T_1 relaxation time evaluated by ULF SQUID-NMR

豊橋技科大, °田島 惇平, 林 幹二, 田中 三郎

Toyohashi Univ. of Technol., °J. Tashima, K. Hayashi, S. Tanaka

E-mail: tanakas@tut.jp

1. はじめに

近年、ヒトの腫瘍を電磁波で体外から加熱する治療方法としてハイパーサーミアが用いられている。腫瘍を加熱することで細胞を死滅させることができるが、正常な細胞を死滅させる危険性があるため体内温度分布を正確に計測する技術が必要とされている。我々は、NMR の T_1 緩和時間が温度に依存性することに着目し、高磁場 NMR 法より低コストかつ小型化可能な超低磁場 NMR 法を用いて T_1 緩和時間と温度の関係を評価した。信号検出には SQUID 磁束計を用いた。また、本研究では、ヒトの部位によって組成が異なる点を想定し、水にアガロースを加えたサンプルで T_1 緩和時間の温度依存性を評価した。

2. 実験方法

測定用には、独 Jülicher 社製の高温超伝導 RF-SQUID 磁束計を使用し、三層磁気シールドボックス内で液体窒素冷却した。装置には静磁場コイル、補償コイル、AC 磁場コイルを設置しており、ラーモア周波数が 2500 Hz となるように静磁場を設定した。また、本研究では三層磁気シールドボックスの中心から 1 m 以上離れた位置に永久磁石を設置し、ガス圧によるサンプル移動方式を用いて FID 信号および NMR スペクトルピーク値を計測した。 T_1 緩和時間は、AC パルス磁場印加開始遅延時間と NMR スペクトルピーク値の減衰曲線から求めた。

サンプル容器は内寸径 $\Phi 37$ mm、高さ 8 mm のディスク状の PEEK 樹脂容器を使用した。水にアガロースを加えて濃度を調整した後、電子レンジで加熱して溶解させたものをサンプルとした。その後、恒温槽で 1 時間、所望の温度に保温し計測した。

3. 実験結果

Fig.1 にアガロース濃度が異なるサンプルの T_1 緩和時間の温度依存性を示す。また、参考と

して高磁場 NMR 法の結果を示す^[1]。図より、アガロースを含まない市水では高磁場 NMR 法に近い温度依存性を得ることができた。アガロースを加えたサンプルでは、温度 50~60 °C における T_1 緩和時間の温度勾配は小さく、50 °C 以下で大きくなった。この現象は、アガロース濃度が高い方が顕著であった。これは、温度低下に伴い、サンプルがゲル化したことで T_1 緩和時間が短くなったからと考えられる。

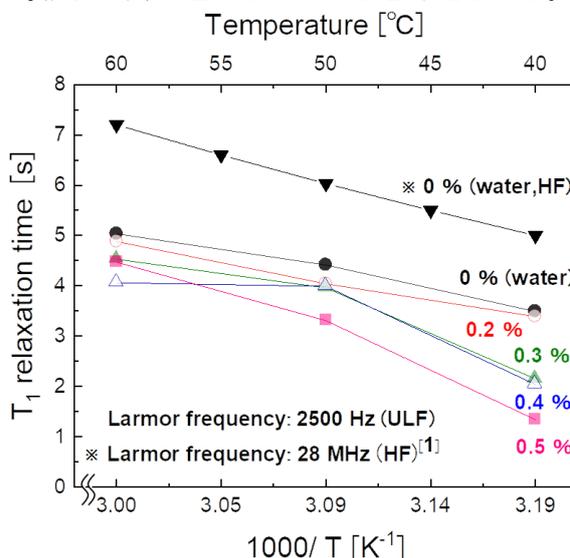


Fig.1 Temperature dependence of T_1 relaxation time.

4. まとめ

超低磁場 SQUID-NMR 法を用いて市水とアガロース濃度が異なるサンプルの T_1 緩和時間の温度依存性を評価した。その結果、市水では高磁場 NMR 法に近い温度依存性を得ることができた。アガロース加えたサンプルでは、50 °C 以下で T_1 緩和時間の温度勾配が大きくなった。この現象は、アガロース濃度が高い方が顕著であった。今後は、LC 共振器および磁束トランスを用いて S/N を向上する。また、装置構成および計測シーケンスの最適化を行い、MRI を計測したい。

[1] K. Krynicki, Physica, 32, pp. 167–178, 1966.