

超低磁場 SQUID-NMR の検討

Study on Ultra-low Field SQUID-NMR

豊橋技科大, °出町 一馬, 川越 聡, 有吉 誠一郎, 田中 三郎

Toyohashi Univ. of Technol. °K. Demachi, S. Kawagoe, S. Ariyoshi and S. Tanaka

E-mail: tanakas@ens.tut.ac.jp

1. はじめに

我々の研究室では、SQUID 磁気センサを用いた、超低磁場 NMR/MRI 技術を食品の異物検査に応用することを検討している。超低磁場 NMR/MRI は静磁場強度が低いため、静磁場に対する均一性の要求が緩く、小型・安価になると期待されている。これまで試作してきた装置は、強力な永久磁石で分極した後にサンプルを移動して計測を行ってきた。しかし、分極から計測までに 時間が掛るため、水(スピン - 格子緩和時間: T_1 が長い)を多く含むサンプルの NMR 計測に限られていた。そこで本研究では、緩和時間の短い油脂にも対応できるサンプル移動のない、電磁石分極による超低磁場 NMR/MRI 装置を試作した。

2. 実験方法

設計・作製した分極コイル(巻数 687 turns、内径 ϕ 80 mm、高さ 80 mm)は高い分極磁場を得るために液体窒素 (LN_2) 冷却することで電気抵抗を低下させ、最大印加電流を増加させた。サンプル位置での磁場と立下り時間を評価したところ 300 mT @ 50 A、40 ms となった。本システムは静磁場コイル、AC 磁場コイル、分極コイルから成る NMR 信号検出部と、常伝導 Cu 磁束トランスおよび HTS rf-SQUID を用いた信号増幅部から構成される。分極コイルは室温ボアの付いたクライオスタットの内側に配置し、ボアの中心にサンプルとピックアップコイルを配置した。環境磁場の影響を最小限にするために、試作した装置の検出部を磁気シールドルームの中に設置して実験を行った。

NMR 信号の計測では、47 μT の測定磁場中で 50 ml の水を入れた円筒状(Φ 35 mm x L 80 mm)

サンプルを、200 mT の分極磁場で 5 秒間分極した。検出部と SQUID の間は磁束トランスを介して磁氣的に結合されており、強い分極磁場印加中は検出部と SQUID をリレーで電氣的に切り離れた。その後、分極コイルへの電流の印加を止め、90° パルスを印加し、磁束トランスを介して NMR 信号を SQUID で検出した。 T_1 緩和時間の測定では分極磁場を立下げてから 90° パルスを印加するまでの遅れ時間 B_p delay time を変化させ、NMR スペクトロメータ (Kea²) でサンプリングを行った。

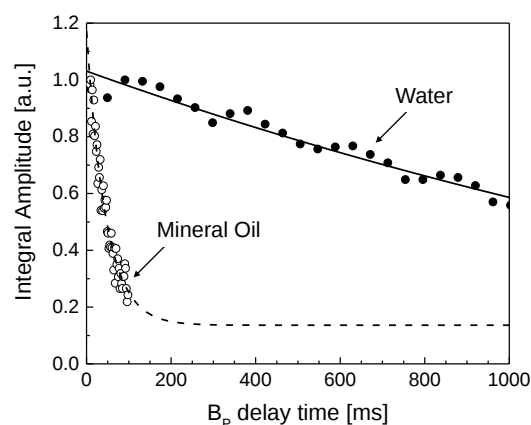


Fig.1 Dependence of amplitude on B_p delay time.

3. 実験結果

実験によって得られた水サンプルと油脂サンプルの NMR スペクトルのピーク強度変化を Fig.1 に示す。油脂サンプルの T_1 緩和時間は水サンプルの 2.6 s に比べて非常に短い 45 ms となることがわかった。

4. まとめ

LN_2 冷却銅巻線分極コイルを用いた超低磁場 NMR/MRI 装置を試作し、NMR 信号の計測を行った。その結果、緩和時間の短い油脂の T_1 緩和時間を計測することができた。