

LN₂ 冷却銅巻線分極コイルを用いた超低磁場 SQUID-NMR の検討

Study on Ultra-low Field SQUID-NMR using LN₂ Cooled Cu Polarizing Field Coil

豊橋技科大, °出町 一馬, 廣瀬 勇野, 八田 純一, 有吉 誠一郎, 田中 三郎

Toyohashi Univ. of Technol. °K.Demachi, Y.Hirose, J.Hatta, 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 (緩和時間が長い) 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、緩和時間の短い脂肪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・検討した。

2. 実験方法

設計・作製した分極コイル(巻数 1600 turns、内径 Φ 68 mm、高さ 80 mm)は高い分極磁場を得るために巻線仕様を並列 2 重巻とし、液体窒素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 80 mT @ 42 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高温超伝導 rf-SQUID を用いた信号増幅部から構成される。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、56.3 μ T の静磁場中で 7.7 ml の水を入れた円板状(Φ 35 mm x 8 mm) サンプルを、80 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、AC パルス磁場を印加し、磁束トランスを介して NMR 信号を SQUID で検出した。検出した信号は、スペクトルアナライザを用いてフーリエ変換を行い NMR スペクトルに変換した。

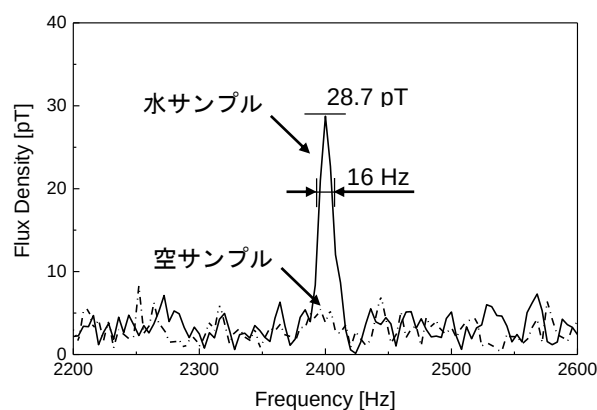


Fig.1. NMR spectrum of water

3. 実験結果

実験によって得られた水サンプルの NMR スペクトルを Fig.1 に示す。空サンプルでは特徴的なピークは現れず、水サンプルでは、2.4 kHz に NMR スペクトルが現れた。水サンプルでの NMR スペクトルのピーク強度は 28.7 pT となった。ノイズレベルは約 3.1 pT であり、信号対雑音比 (SNR) は 9.3 となった。

4. まとめ

液体窒素冷却 (77K) 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、水サンプルでは 28.7 pT のピーク強度を持つ NMR 信号を計測することができた。