HTS-SQUID 磁気免疫検査装置による血中磁気ナノ粒子の磁気特性評価

Evaluation of Magnetic Properties of Magnetic Nanoparticles in Blood Using HTS-SQUID Magnetic Immunoassay System

岡大 HS 統合科学, °山下　慶，坪田　美咲，岸本　航平，黒田　滉人，王　璡，堺　健司，紀和　利彦

Okayama Univ., °Kei Yamashita, Misaki Tsubota, Kouhei Kishimoto, Hiroto Kuroda,

Jin Wang, Kenji Sakai, Toshihiko Kiwa

E-mail: pszk1l30@s.okayama-u.ac.jp

1．研究背景

現在，磁気ナノ粒子という医用材料が注目されている．磁気ナノ粒子は超常磁性という特有の磁気特性を持つ．この磁気特性を活かし，抗原抗体反応により特異的に蛋白質の検出を行う磁気免疫検査法の開発が進められている．しかし，過去に磁気ナノ粒子の磁気特性は生体関連物質の影響を受けることを報告した[1]．よって，血液等の検体を用いる磁気免疫検査法では，血液に含まれる生体物質による精度の悪化が懸念される．そのため，本研究では羊血液中における磁気ナノ粒子の第 3 次高調波の時間変化を新たに測定した．

2．測定方法

磁気ナノ粒子の第 3 次高調波測定には開発した SQUID 磁気免疫検査装置により測定した[2]. サンプルに 1.06 kHz，8.5 $mT_{p\text{-}p}$ の交流磁場を印加し，グラジオメータによって検出する．検出信号は共振回路により 3 次高調波成分である 3.18 kHz の信号成分のみ増幅され HTS-SQUID により伝達される．そして，マルチファンクションデバイスのロックイン機能により検波し，10 回の信号波形の加算平均処理を行って評価する．

測定時間は測定開始から 0, 20, 40, 60 分後を測定した後，測定開始から 10 時間経過するまで 60 分ごとに室温が一定環境のもと測定した．サンプルは，鉄濃度が 0.270 mg-Fe/mL，全血溶媒濃度 0~10%，サンプル容量 500 μL となるよう純水希釈により調製し,60 μL をガラス管に注入し測定した. 血液はヒツジヘパリン Na 全血液(ジャパン・バイオシーラム製)，磁気ナノ粒子は単分散の粒子径分布を持つ Resovist®(富士フィルム RI ファーマ製)を用いた[3].

3．結果

Fig.1 に，全血濃度 0~10%における結果を示す．

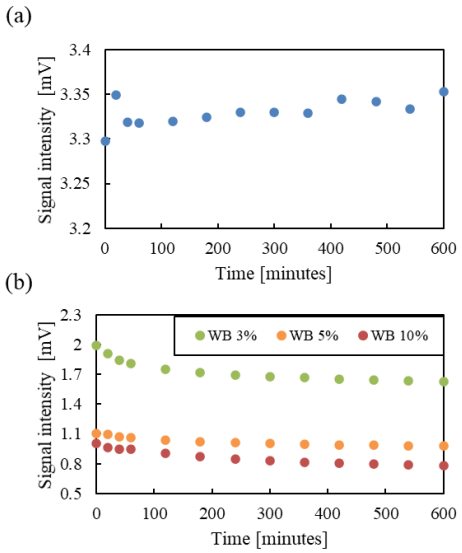

Fig.1：Third harmonic signal

Whole blood concentration (a)0% (b)3~10%

Fig.1(a)から SQUID の動作温度の影響を受けず測定できることが示された．Fig.1(b)から全血が加わることにより経過時間に対して指数関数的に減少することが示された. そのため, 指数減少関数として近似を行い, 時定数を導出すると 101, 175, 234 minutes となった. これより血液によって磁気ナノ粒子が凝集することが明らかになった．

・参考文献

[1] K. Jinno et al.: AIP Adv., 9, 125317 (2019)

[2] K.tsukada et al.:IEEE trans. appl. supercond, 26, 1602004 (2016)

[3] K. Riahi et al.: J. Magn. Magn. Mater. 514, 167238 (2020)

© 2022年 応用物理学会