超伝導デバイスを用いた高感度磁気計測システムの開発と応用

Highly sensitive magnetic measurement systems using superconducting devices and their applications

岡山大学，塚田　啓二，堺　健司，紀和　利彦

Okayama Univ.　Keiji Tsukada, Kenji Sakai, Toshihiko Sakai

E-mail: tsukada@cc.okayama-u.ac.jp

低温系や高温系の超伝導デバイスを使った計測システムは生体計測や，バイオ計測，非破壊検査など様々用途に応用されてきている。すでに，低温系の超伝導体を用いたデバイスである超伝導量子干渉素子(SQUID)は，心磁計や脳磁計などが臨床診断機器や，物質の磁化特性を測定する高感度磁化率計に使われていている。次世代のデバイスとして高温系の(HTS-SQUID)が，次の世代の磁気センサとして応用展開が現在されてきている。そうした中，HTS-SQUID や高温超伝導線材を用いた各種磁気計測システムを開発してきたので，ここに紹介する。HTS-SQUID の特徴はまず冷却系が液体窒素などの温度で済むことからシステムの簡易化が可能である。その特徴を生かして小型の磁化率計を開発した。測定試料を磁場中で振動させることにより測定試料の磁化を測定する振動型磁化率計を開発して，その後，機能を高めるために，多数の測定試料を一度に計測できる回転型磁化率計や，さらには振動型と回転型と磁化の緩和現象も測定できるハイブリット型磁化率計を開発してきた。これらの応用として，磁性体として磁化率が小さい反磁性体の中で，水に注目してきた。従来，農業や工業材料では水分量を正確に求められることが多い。その計測方法として，水分の蒸発による重量変化をとらえる加熱法や誘電率変化による光学的な吸収により計測されてきた。しかし，加熱法では時間がかかり材料が使えなくなる問題や，光学的な方法では色により計測できないものがある問題があった。このため，透磁率の変化により水分量を計測する迅速で非破壊な磁気計測方法を新たに提案した。この磁気的検査方法により穀物や土などの水分量や，モルタル中の水分量や水和化による自由水の量などが磁気的に計測できることを明らかにした。さらには，両方とも反磁性体であるアルコールと水の混合物での水分量や，アルコールによる水の構造の変化まで計測できることを示すことができた。最近，磁気ナノ粒子の超常磁性特性を生かして，磁気免疫分析や磁気ナノ粒子イメージング，ハイパーサーミアなどの研究が盛んになっている。これらの高精度化においては，磁気ナノ粒子の生体，血液中などの磁化特性評価が基礎情報として必要になる。このため，様々な液相中や固相中でのどのように磁化特性が変化するかを報告してきた。また，応用として磁気免疫分析により C 反応性蛋白を液相中でしかも反応溶液と検体を一緒にして反応させ前処理なしに迅速に検査できることを示した。ここで，磁気ナノ粒子の磁化特性を生かして，磁気勾配力で溶液中の磁気ナノ粒子だけを攪拌させ反応を早める磁気シェーキング法を提案した。これにより磁気免疫分析法は光学的な免疫法と比べより高速な検査が可能であることを示すことができた。

© 2020年 応用物理学会