

高温超伝導小型巻線を用いたダイポール磁場荷電粒子トラップの開発計画

東大新領域, 核融合研^A 齋藤晴彦, 谷岡樹, 西浦正樹^A, 吉田善章

A plan for the development of a dipole field trap with compact HTS coil windings

GSFS University of Tokyo, NIFS^A H. Saitoh, I. Tanioka, M. Nishiura^A, and Z. Yoshida

磁気浮上超伝導コイルによりダイポール磁場を発生する Mini-RT や RT-1 では, 先進核融合に適した超高 β プラズマの安定生成が実現され, 優れた閉じ込め特性が実証された[1]. 軸対称トラス系における正準角運動量の保存に基づく純磁場閉じ込めでは, 電子陽電子プラズマや反水素等の反物質プラズマの生成や, 電荷符号に依存しない任意の組み合わせのイオン種の同時捕獲が可能になる. こうした観点から, ダイポール磁場配位による各種荷電粒子の安定閉じ込めの実現と新しい原子分子物理実験への適用を目指している. 反粒子等の希少粒子の高密度状態を実現するためには, 運転性に優れた小体積のダイポール磁場閉じ込め配位において高い入射効率と閉じ込め性能が要求される. これまでに希土類系の永久磁石を用いた陽電子ビームの入射と捕獲実験を進め[2], 100%近い入射効率[3]と1秒以上の閉じ込め[4]を実現している. 現在, ダイポール磁場発生用の永久磁石を超伝導コイル巻線に置き換え, 複数粒子の同時閉じ込めが可能なコンパクトなダイポール磁場装置の開発を進めている[5]. 陽電子ビームを用いた先行実験では, 中性粒子との衝突の効果が閉じ込め時間を規定する傾向が得られている. 同等の強度の磁場発生源を永久磁石から超伝導コイルに置き換えた時の粒子軌道計算(図)によれば, 閉じた磁力線を持つ超伝導装置では粒子損失が大きく抑制される. このとき, 陽電子の長時間閉じ込めに必要とされたマグネットの正電位バイアスを与えることなく陽電子の長い飛行長が得られており, 原理的に異符号電荷の同時閉じ込めに適用可能である. また, こうした閉じ込め配位の実現のために, Bi-2223線材を用いた小型巻線の試作と, ガス循環を使用しない直接冷却方式によるコイル運転の試験を行っている. 効果的な直接冷却を実現するためには, 特に磁気浮上運転を行う超伝導コイルと冷凍機の良い熱接触を得ることが課題となる. このために窒化アルミ粉末によるフィラを用いた超伝導線材の含浸試験を進めており, これらの装置開発の現状についても報告する.

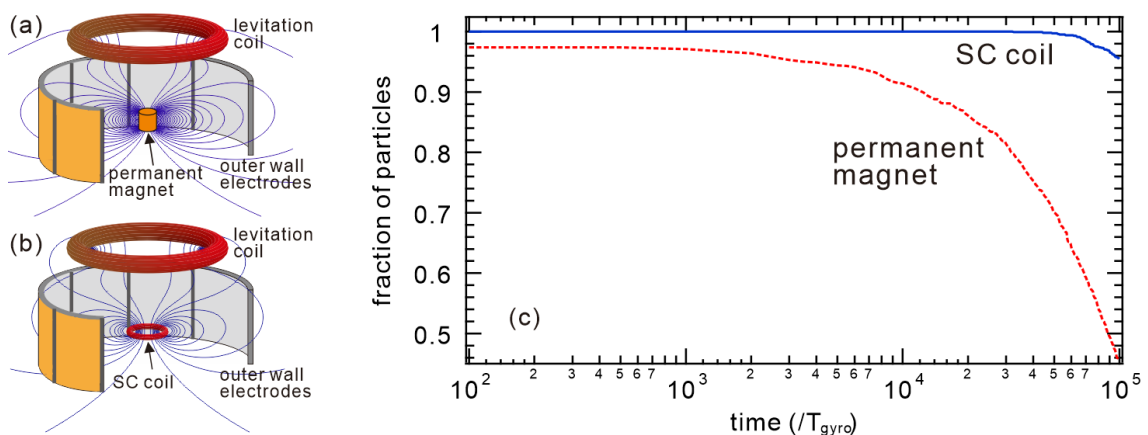


図: (a) 永久磁石及び (b) 超伝導コイルにより生成される異なるダイポール磁場配位の模式図と, (c) 中性粒子衝突が支配的となる場合に両者のトラップに残存する荷電粒子の割合の比較.

- [1] 2010 Z. Yoshida+, Phys. Rev. Lett. **104**, 235004. [2] 2015 H. Saitoh+, New. J. Phys. **17**, 103038. [3] 2018 E.V. Stenson+, Phys. Rev. Lett. **121**, 235005. [4] 2018 J. Horn-Stanja+, Phys. Rev. Lett. **121**, 235003. [5] 2020 H. Saitoh, M.R. Stoneking, T. Sunn Pedersen, Rev. Sci. Instrum. **91**, 043507.