

室内発生世界最高磁場 1200 テスラの記録

国際超強磁場科学研究施設 嶽山 正二郎

電磁濃縮法による超強磁場発生法は半世紀にわたり物性研強磁場研究室が取り組んできた、いわば物性研強磁場のお家芸の一つである。この電磁濃縮法を用いて、ついに 1000 テスラを優に超える磁場発生に成功した。

1980 年初頭の物性研極限プロジェクトによる近角・三浦等による 1000 テスラ電磁濃縮超強磁場計画が開始されて以来、3 世代の所員により継承されて、実に半世紀が経って遂に目標に達成したことで感慨深い。電磁濃縮法による超強磁場発生は、クネール(E. Cnare, 1966 年)により提案されたもので、当時 136 kJ のコンデンサを用いて 210 T の超強磁場の発生が報告されたのが最初である。近角聡信氏が 1970 年初頭に、この方法に目を着けたのは今や先見の明があったというほか無い。

原理は極めて簡単で、ライナーと呼ばれる金属円筒リングをその円周方向に流れる電流の電磁応力を使って高速に圧縮し、比較的大きな空間(直径 10-20 cm)に予め発生させておいた数テスラの磁束を濃縮することにより、最終的に小さな空間に超強磁場を発生させる。これを信頼性と精度の高い物性計測に適用するには最低数ミリ、できれば 10 mm 程度の直径及び長さ方向の磁場発生空間と磁場均一性が必要となる。磁場発生空間の大きさとその中での磁場均一性、パルス時間の制御は必須となる。電磁濃縮法の実質的な開発と展開は世界で唯一物性研究所でのみ、超強磁場発生とこれを用いた極限的環境での物性物理学への応用研究に向けた開発を行って今日に至っている。

物性研嶽山研では、2003 年より電磁濃縮による超強磁場発生技術の開発に注力し、極めて効率のよいコイル(銅内張りコイル、以下 CL コイルという)の開発に成功した。その結果、730 T という室内発生最高磁場を大幅に記録更新した[1]。これにより、クロミウムスピネルの 600 T までの磁化過程を 5 K という極低温で精密に測定することに成功した[2]。その後、2010 年に始まった文科省最先端研究基盤事業「次世代パルス最強磁場発生装置の整備」の補助金獲得を行い、1000 テスラ級電磁濃縮超強磁場発生装置を新規導入した。その後、装置の調整と整備、開発を継続し、2018 年 1 月に全システムをほぼ完成に導くことができた。

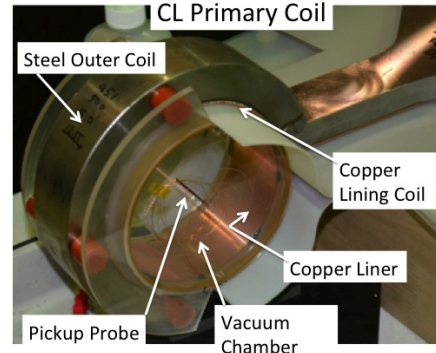


図 1. 電磁濃縮用 CL コイルとそのセッティングの様子. 外枠の鉄コイルを基準にライナー、測定プローブが高い精度で取り付けられる。

新装置では、瞬間的放電能力を引き上げるべくコンデンサ電源を刷新し、主コンデンサバンクの最大充電電圧を、旧装置の 40 kV から 50kV に引き上げた。また、コンデンサ電源と負荷である磁場発生コイルとのインピーダンス整合を最適化することで、全系のエネルギー伝達効率を改善し、大きな空間を占めるコンデンサ電源に蓄積した電気エ

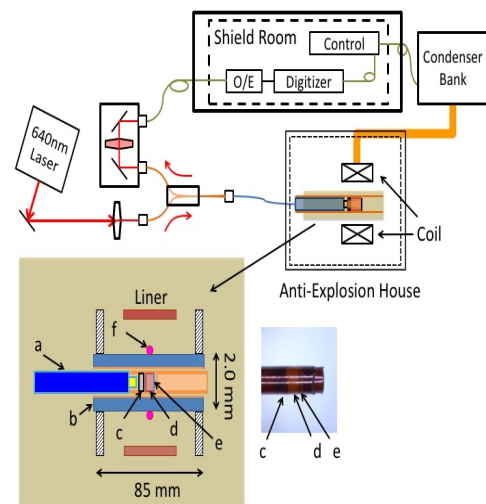


図 2. 電磁濃縮超強磁場発生時の磁場値の計測用に開発した反射型のファラデー回転プローブ. a: 光ファイバー, b: FRP チューブ, c: 偏光板, d: ファラデー素子 (石英の直径 1 mm のロッド) e: アルミミラー, f: ピックアップコイル. 640 nm 波長の半導体レーザーは、一本の光ファイバーで入射、ファラデー素子を通り反射した帰りの光は分光岐を通して検知器へ導かれる。

准教授、池田暁彦助教の忍耐強い共同作業と協力の下で達成された。これまでの電磁濃縮超強磁場発生技術開発には小嶋映二元嶽山研助教の貢献も大きいことを添えたい。

最先端事業においては、東大本部、柏地区共通事務センター、物性研事務部の多くの方々による多大な尽力に支えられた。

参考文献

- [1] S. Takeyama, *et al.*, J. Phys. D 44, 425003 (2011).
- [2] A. Miyata, *et al.*, Phys. Rev. Lett. 107, 2072031 (2011).
- [3] D. Nakamura, *et al.*, Rev. Sci. Instrum. 84, 044702 (2013).
- [4] D. Nakamura, *et al.*, Rev. Sci. Instrum. 89, 016106 (2018).
- [5] D. Nakamura, *et al.*, Rev. Sci. Instrum. 89, 095106 (2018).

