

【3】成果報告

(1) 超伝導実験遠隔制御システム

責任者	小川 雄一	東京大学高温プラズマ研究センター
参加研究者	森川 惇二	東京大学高温プラズマ研究センター
	三戸 利行	核融合科学研究所
	柳 長門	核融合科学研究所
	田村 仁	核融合科学研究所

1. はじめに

東京大学では、内部導体プラズマ閉じ込め装置 Mini-RT を建設し、新しい緩和過程を利用した超高ベータプラズマの閉じ込め実験を開始した。この装置では高温超伝導線材で巻線された直径 300 mm のリング状コイルが用いられ、この超伝導コイルが直径 1 m の真空容器内で真空容器外側上部に設置された銅製の吊り上げコイルにより中空に磁気浮上している。高温超伝導コイルの核融合プラズマ実験装置への適用は世界で初めての試みであるとともに、磁気浮上させる高温超伝導コイルも世界で初めてのものである。このため、このコイルの開発にあたっては、当初より核融合科学研究所の低温・超伝導グループと九州大学超伝導研究センターとの共同研究として開始し、コイルの設計から始め、装置完成後の冷却・励磁試験、およびプラズマ実験についても緊密な協力関係のもとで遂行してきている。遠隔地間の共同研究をスムーズに進めるうえで、高速のネットワークを用いた情報の共有は非常に有益であり、スーパーSINET が設置されて以降、共同研究のアクティビティがさらに高まっている。東京大学と核融合科学研究所との共同研究による Mini-RT 装置の設計・建設・運転においてスーパーSINET の果たした役割は非常に大きかった。

2. 超伝導コイルの冷却・励磁試験における遠隔実験参加

東京大学高温プラズマ研究センターの実験室に設置された Mini-RT 装置本体での高温超伝導コイルの冷却・励磁試験では、核融合科学研究所から実験に参加する共同研究者が短期あるいは長期で出張し、直接実験に参加していた。ただし一般的に、毎回の実験において共同研究者全員が参加することは極めて難しい。そこでデータ（具体的には、超伝導コイルおよび冷却システムの各部の温度、電圧、電流、磁場など）を収集しているパソコンをスーパーSINET に接続し、核融合科学研究所の低温実験棟内に設置したパソコンに転送することによって、核融合科学研究所においてリアルタイムで参照することが可能となった。このため、核融合科学研究所側の低温工学・応用超伝導工学を専門とする研究者の判断や的確な指示が必要に応じて受けられるようになり、これらの研究者が現場で実験に参加しなくても、必要な機器の運転や実験を遂行することが可能となった。また、取得されたデータについては、核融合科学研究所側においてすぐに解析を行うことが可能となり、

超伝導コイルの運転の最適化を短時間で行えるようになった。また、実際にこのおかげで試験開始当初に遭遇した数多くの技術的困難をすべて克服していくことに成功した。

3．小型の磁気浮上試験装置を用いたデジタル浮上制御開発

高性能プラズマを得るためには、磁気浮上コイルである必要がある。従って高温超伝導コイルを安定に磁気浮上させる制御技術を開発することも重要な課題である。特に、実際に高温超伝導コイルを用いて浮上制御を行うことが重要であり、このために小型（直径 77 mm）の高温超伝導コイルを有した磁気浮上試験装置 FB-RT が核融合科学研究所の低温実験棟に設置されている。本実験を遂行するために、従来は東京大学側から研究者が出張し、核融合科学研究所において短期・長期にわたって滞在してきた。この実験装置において磁気浮上のデジタル制御を行っているパソコンについてもスーパーSINET に接続することにより、ビデオカメラによる画像転送を行い磁気浮上の様子を直接的に観測することが可能となるとともに、浮上位置のリアルタイム変更や制御パラメータの逐次変更等を行い、さまざまな条件に対して最適な磁気浮上制御を試みる事が可能となった。

4．YBCO 等の先進材料への発展

従来の研究はビスマス系の高温超伝導線材を用いたものであったが、高温超伝導線材としては、その温度特性や磁場特性においてイットリウム系の線材の方が優れている。ただしイットリウム系線材は長尺テープの製造実績がなかったが、最近になって 10 m 程度のテープの製造ができるようになった。これをコイル化した時の特性劣化や磁気浮上制御などは、まさにこれからの研究課題である。

我々は FB-RT 装置及び Mini-RT 装置で培ったビスマス系超伝導線材を用いた永久電流モード運転および磁気浮上技術を、イットリウム系超伝導線材での研究へと発展させている。ここではまず直径 90mm 程度のコイルを製作した。AMSC 社の線材では特に線材の反りや巻き戻し効果もなくコイルが製作できた。これを液体窒素で冷却し永久電流モードで励磁した後、FB-RT 装置で磁気浮上実験を行い、数分にわたり安定に制御出来る事が示せた。

5．遠隔操作 / 制御システムの公開

スーパーSINET の高速情報通信により可能となった遠隔操作 / 制御システムのような最新技術に高校生などの若い世代の人たちが接することは、科学技術立国を目指す日本にとって非常に有益である。東京大学高温プラズマ研究センターでは、プラズマ・核融合学会の活動の一環として、高校生を対象とした科学教育プログラム（SSH や SPP 活動など）に参加し、スーパーSINET を利用したテレビ会議室システムの利用と共に、上述の最新技術を用いた遠隔操作 / 制御システムを高校生に実際に操作してもらい、科学技術への興味喚起に活用した。

【参考文献】

- N. Yanagi, T. Mito, T. Hemmi, K. Seo, J. Morikawa, Y. Ogawa, M. Iwakuma., "Effective Resistance of the HTS Floating Coil of the Mini-RT Project", IEEE Trans. Appl. Supercond., Vol. 15, No. 2 (2005) pp.1399-1402.