4-7

超伝導コイルをどこまで精度良く製作できたか

- 核融合装置用大型超伝導コイル製作の進展と製作精度の評価-

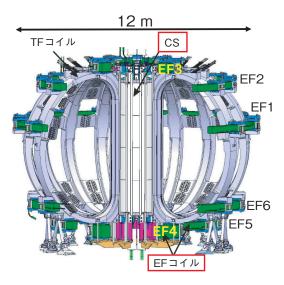


図 4-17 JT-60SA超伝導コイルシステム トロイダル磁場(TF)コイルの下に設置される EF 4, 5, 6 のコイルは、TFコイルが設置される前に完 成しておく必要があるため、製作が急がれています。

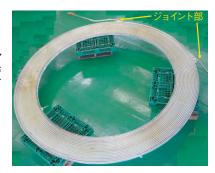
図 4-19 EF4コイル巻線

10個のDPコイルを積み重ね、対地絶縁を施して完成し た直後の巻線です。この後、支持金具や冷媒配管を設置 します。

トカマク型核融合炉の成立条件のひとつとして、高温 高密度のプラズマを長い間閉じ込めておく必要のあるこ とが挙げられます。そこで、プラズマを制御するために 使用するコイルを超伝導化することが必須となります。 将来の核融合炉を目指した実験を行う装置JT-60SAでは、 超伝導コイルを日欧で協力して設計・製作しており、中 心ソレノイド (CS) と平衡磁場 (EF) コイルからなるポ ロイダル磁場 (PF) コイルシステムについて、日本が設 計・製造を担当しています(図4-17)。これらのコイル は、超伝導導体を平板状に巻いたパンケーキコイル (図 4-18) を複数層重ね、パンケーキコイル同士を電気的 に接続することで一体のコイルに仕上げます。最初に製 作しているEF4コイルは、二層パンケーキ(ダブルパン ケーキ:DP) コイルを一単位として製作し、このDPコ イルを10枚重ねて完成させます。

高性能プラズマを維持するためには、プラズマの加熱 位置や形状などの制御が必要です。PFコイルシステム は、これらの制御に用いられるため、精度を高く製作す ることが求められます。特にEF4コイルは、ダイバー

図 4-18 EF 4 用パンケーキコイル 一本の超伝導導体で製作されてお り、両端部には、他パンケーキコイ ルと接続する部分(ジョイント部) を設けています。





タを形成するコイルであり、厳密な制御が必要となるた め、より高い製作精度が求められます。

プラズマ制御のシミュレーション結果より、本コイル において求められている製作精度は、電流中心半径位置 で6 mm以内とされています。EF4コイルを構成する 10個のDPコイルについて、円形度の誤差(非円形度)を それぞれ計測したところ、最大で3.8 mmあることが分 かりました。これらの非円形度は、主にジョイントと呼 ばれる電気接合部の近傍で大きくなります。そこで、こ のジョイント部をあるセクションに集中させることなく、 DPコイルごとにその位置をトロイダル方向(円周方向) に散らす構造としました。

こうして、DPコイルを重ね合わせることで誤差が平 均化され、結果としてEF4巻線全体の非円形度を0.6 mm (-0.4 mm~+0.2 mm) まで減らすことができました (図4-19)。これは、要求値の1/10で製作できたことを 意味し、非常に高い精度でのプラズマ制御が可能である ことが期待されます。

●参考文献

Tsuchiya, K. et al., Manufacture of the Winding Pack and Development of Key Parts for the JT-60SA Poloidal Field Coils, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, vol.22, issue 3, 2012, p.4202304-1-420234-4.