

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—

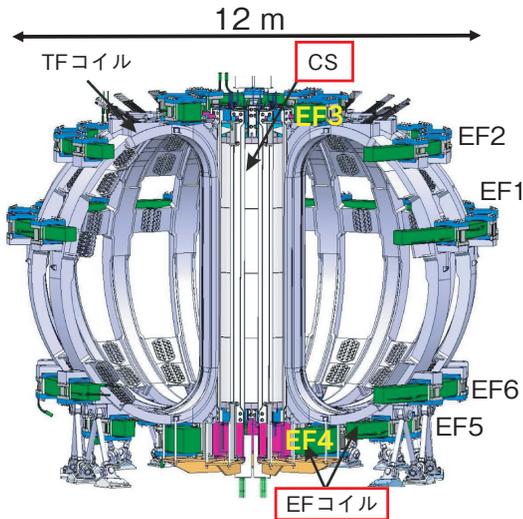
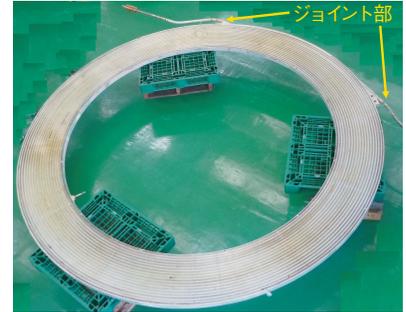


図 4-17 JT-60SA超伝導コイルシステム
トロイダル磁場 (TF) コイルの下に設置される EF 4, 5, 6 のコイルは、TFコイルが設置される前に完成しておく必要があるため、製作が急がれています。

図 4-19 EF 4 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。

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。



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 EF 4 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 EF 4 コイルは、ダイバー

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。EF 4 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、このジョイント部の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 EF 4 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.4202304-1-4202304-4.