

準軸対称ステラレータ CFQS のモジュラーコイル用支持構造物の設計
Conceptual design of support structure for modular coil system of quasi-axisymmetric stellarator CFQS

木下茂美¹、清水昭博^{1,2}、村瀬尊則¹、中川翔¹、田上裕之¹、岡村昇一¹、磯部光孝^{1,2}、CFQSチーム^{1,3,4}
 S. KINOSHITA¹, A. SHIMIZU¹, T. MURASE¹, S. NAKAGAWA¹, et.al

¹核融合科学研究所、²総研大、³西南交通大学、⁴合肥Keye社
¹NIFS, ²SOKENDAI, ³SWJTU, ⁴Keye

核融合科学研究所(NIFS)と、中国西南交通大学(SWJTU)の共同プロジェクト(NSJP)として、モジュラーコイルを用いた核融合実験装置CFQSの工学設計及び製作が進められている[1,2]。装置は中国成都に建設される予定である。モジュラーコイルは4種類16個のコイルであるが、それぞれが扱われた複雑な形状をしている。それらを支持する構造物の設計において、トカマク用トロイダルコイル(TFC)とは異なる特別な工夫が必要である。その内容、特徴及び数値解析による妥当性確認結果について報告する。

図1にCFQSの全体図を示す。主半径1m、トロイダル磁場1T、周期数2、アスペクト比4である。真空容器は板厚6mmのSUS板を曲げた溶接構造で、1周抵抗約0.3mΩのワンターンプレーク無しである。プラズマ生成は54.5GHzのECHで行う。本装置はモジュラーコイルを用いた準軸対称ステラレータ配位の有効性確認を主目的とするが、実験の自由度を増やすためにポロイダルコイル及びトロイダルコイルも配置し、プラズマ主半径、回転変換分布、磁場のフーリエ成分、ダイバータ、磁気島の影響等についても調べる予定である。

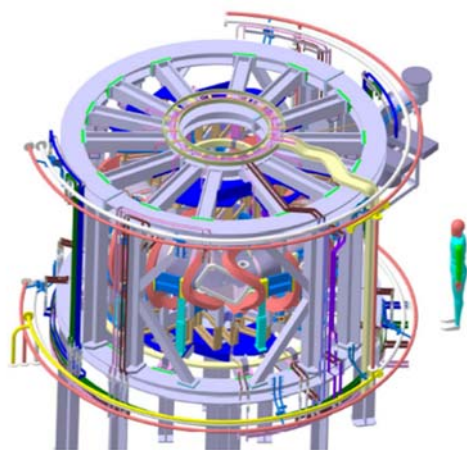


図1 CFQS全体図

図2にモジュラーコイル(MC)に加わる電磁力の分布を示す。MCはTFCに似ているが、トカマクにない非対称力が発生する。フープ力、向心力、垂直方向力、コイル間引き付け力、転倒力成分等である。図から分かるように、MC1とMC2は向心力の大きいD型TFCによく似た特徴を持ち、MC3とMC4はMC特有の斜め方向成分が大きい。その大きさは6~17トン、即ち大型トラック1台相

当の力が加わる。このように特徴が異なる大きな荷重がコイルに加わるので、それに耐えるため、複雑で強力な支持構造が必要になる。

これらの複雑な電磁力に耐えるカゴ型サポートの例を図3に示す。この構造を決定するため、静磁場ソルバー(ANSYS/Maxwell)と構造解析ソルバー(ANSYS/Mechanical)の連成解析を行い、コイルの変形や応力を評価した。本解析では、コイルとコイル容器の間を接触境界として扱い、両者の間に隙間ができる条件で評価した。

本構造により、最大応力(ミゼス)は140MPa、最大変位は1.2mmになる見通しを得た。一般に、接触境界を使うと応力や変位は大きくなるので、構造的に安全側の評価になっていると考えている。今後、コストダウンのための改善等を行い、構造を最終化する予定である。

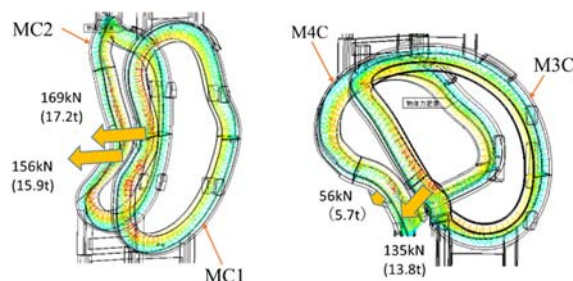


図2 モジュラーコイルに加わる電磁力の分布

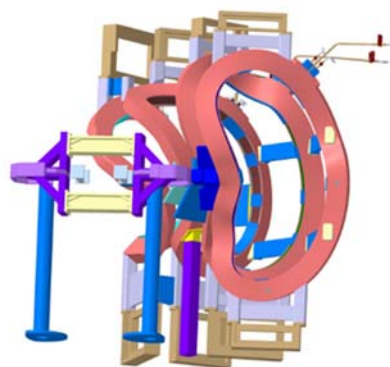


図3 カゴ型サポートの例

- [1] M. Isobe *et al.*, Plasma Fusion Res. **14** (2019) 3402074.
 [2] S. Kinoshita *et al.*, Plasma Fusion Res. **14** (2019) 3405097