

トカマクプラズマ形成に向けた RELAX トロイダル磁場コイルの
構造解析及び実験的検証

**Structural analysis and experimental validation of RELAX
toroidal field coils for producing tokamak plasma**

井上孟流¹, 比村治彦¹, 三瓶明希夫¹, 村瀬尊則², 中川翔², 磯部光孝^{2,3}
T. Inoue¹, H. Himura¹, A. Sanpei¹, T. Murase², S. Nakagawa², M. Isobe^{2,3}
京都工芸繊維大学¹, 核融合研², 総研大³
Kyoto Inst. Tech.¹, NIFS², SOKENDAI³

近年、Reversed-field pinch(RFP)を形成するために建設されたトーラス装置がオーミックトカマクの研究にも利用されている。これは、円形断面のRFPとトカマクを同一装置で比較研究することを可能にする。このような汎用性は、将来のトカマク型核融合装置の潜在的な問題だけでなく、鋸波状不安定性の際にRFPやトカマクの中で発生すると考えられる正準フラックスチューブの時間的・空間的発展や、プラズマ流が存在しているRFPやトカマクの最外殻磁気面を囲む低密度領域で発現しているかもしれない二流体効果など、プラズマ物理の未検証課題を実験的に調べることを可能にする。

RELAX装置において $q(a) \sim 3$ 領域を実現するためには、トロイダル磁場(B_t)をRFP配位形成時の約4倍である0.2 Tまで増大させる必要がある。この強い B_t のために、トカマク配位では、RFP配位に比べて、フープ力や転倒力などのより強い電磁力がトロイダル磁場コイル(TFC)に作用することになる。そこで、本研究では、有限要素解析法を用いて、TFCに生じる電磁力や応力を計算し、TFCの変形を十分に抑えられる最小限の支持構造物を設計した。

まず、既存の支持構造物のみで $q(a) \sim 3$ を実現する電流がTFCに流れる時において構造解析を行った。Fig.1(a)が示すように、D型コイルの上下パーツと内側パーツとの接触面及び給電部において、それぞれ約100 MPa及び945 MPaの応力が生じる。これらの値は、銅の許容応力である60 MPaを上回っている。つまり、既存の支持構造物では $q(a) \sim 3$ を達成することはでき

ない。一方で、それらの応力を下げるために新たに設計した支持構造物も入れられた構造解析は、Fig.1(b)に示すように最大応力が45.9 MPaまで低減することを示している。従って、 $B_t = 0.2$ Tの場合においても最大応力は許容値以下である。この構造解析結果の妥当性を確認するために、TFCに実際に電流を流して、TFCに生じるひずみを実測した。Fig.2に示すように実測値は解析値の約1.17倍である。

この相違は、解析での固定条件が実際の装置でのTFCの固定状態と少し異なることに起因していると思われる。一方で、ひずみ量のTFC電流依存性の傾向は一致している。測定値を外挿することにより予想される応力は、45.9 MPa から53.6 MPaまでの間の値である。この値は銅の許容値以下であるため、新たに追加した支持構造物によって、TFCの変形は抑制されることが考えられる。これは、今冬から開始するトカマク配位形成実験で実際に確認する。

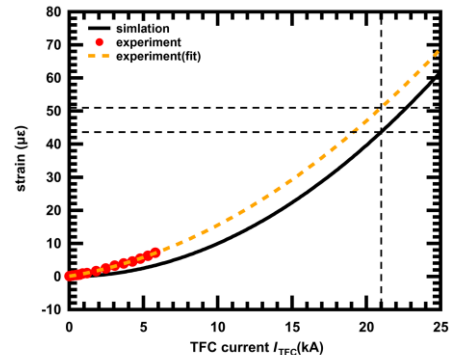


Fig.2: Dependences of the strain on the current I_{TFC} flowing in the TFC.

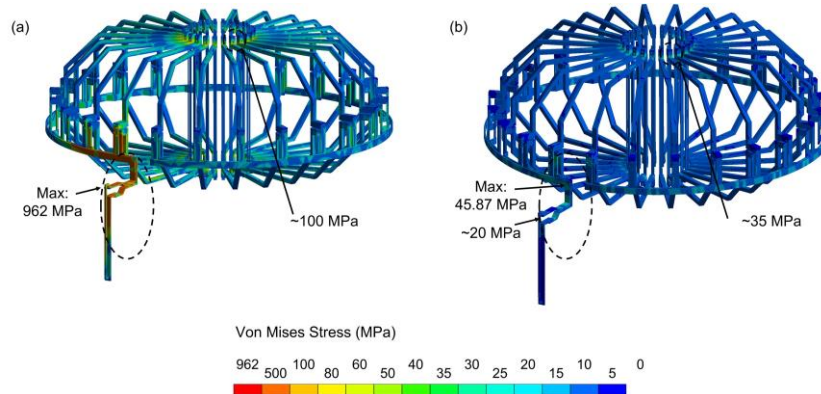


Fig.1: Calculated three-dimensional distribution of von Mises stresses in TFC for (a) existing support structure and (b) all support structures considered.