

01aB01P

球状トカマク・ステラレーター (TOKASTAR) の検討

Research on the Spherical Tokamak · Stellarator (TOKASTAR)

澤藤忠範 平裕一 山崎耕造 庄司多津男 有本英樹
名大院工

Tadanori SAWAFUJI Yuichi TAIRA Kozo YAMAZAKI Tatsuo SHOJI Hideki ARIMOTO

Nagoya University engineering department

コンパクトで定常運転に適するトカマクとヘリカルとの融合した新しい磁場配位 (TOKASTAR) を検討中である。単純なヘリカルコイルを用いることにより、低アスペクト比の球状トカマク配位に外部回転変換を加えることで、定常運転、ディスラプション抑制、等が期待できる。球状ヘリカルコイルを定義し、そのコイルが生成する真空磁気面を解析し性能を評価し、さらにプラズマ平衡解析コード VMEC を用いて有限 β 値でのプラズマ解析を進めた。

1. 緒言 トカマクは、高い閉じ込め性能と構造の単純さからヘリカル型より良いと考えられるが、運転の定常化や電流ディスラプションの回避の点から、トカマクとヘリカルの両方の特長を持った小型-低アスペクト配位を提案・解析している。閉じ込め性能、定常性、単純なコイル配置、ダイバータ配位など、核融合炉における各性能を総合的に評価して、高性能な磁場配位の提案をめざすことが本研究の目的である

2. 解析手法 磁場解析プログラム HSD を用い、空間上にコイルの位置と、そこに流れる電流を定義し、更に一様な垂直磁場を加え、任意の始点から磁力線を追跡させて真空磁気面を生成、解析した。典型的な磁場配位の最外殻磁気面のモード展開を DESCUR コードで行い、その固定境界によるプラズマ平衡解析を VMEC を用いて行い、無電流配位や FCT 電流配位での有限 β の効果を検討した。

3. 結果・考察 Fig.1 にコイルと真空での磁力線を追跡した結果を示した。この配位は真空磁気面では大半径外部で回転変換が大きく、内部では小さい。また系外部にダイバータ配位を特別なコイルを持たずに潜在的にダイバータ配位をもつ。閉磁気面は D 形の形状でアスペクト比は約 1.2 である。平均の回転変換は小さく、

このままでは高 β 値を達成できないので、プラズマ電流を流す等により回転変換を増加する必要がある。Fig.2 に有限 β でのプラズマ電流を付加しての FCT 配位 ($q(0)=1$, $q(a)=3.3$) での磁気面断面の例を示した。無電流配位に比べプラズマ電流を付加したほうが閉磁気面中の磁気面断面が円に近く形状も一様に近づき、また β 値を上げることによる磁気軸の大半径外部方向シフトがプラズマ電流が有ることにより緩和されることが確認されている。現在、 β 値と磁気軸のシフトの関係等の詳細な解析を進めている。また小型のプラズマ閉じ込め装置を用い、解析との比較検討も行う予定である。

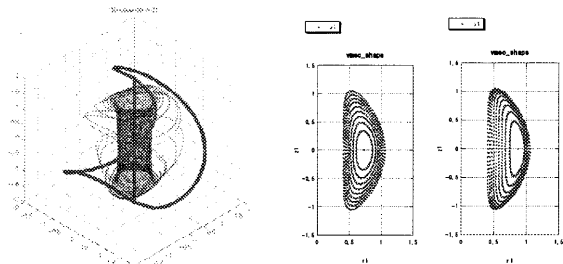


Fig.1 定義したコイルと生じた磁力線 Fig.2 VMEC を用いたプラズマ電流が (座標軸は m 単位、コイル電流は 1MA で、 $R=1m$ で磁場 0.2T) 存在する場合の磁気面断面図 ($q(0)=0.1$, $q(a)=3.3$)
太線:コイル 細線:磁力線 左図は $\beta=0\%$ 、右図は $\beta=6.0\%$

01aB02P

LHDにおける閉ダイバータ最適化設計のための中性粒子輸送解析

Neutral Particle Transport Analyses for Optimizing Closed Divertor Configurations in LHD

庄司 主, 増崎 貢, 森崎友宏, 小林政弘, 山田弘司, 小森彰夫, LHD 実験グループ

核融合研

Mamoru Shoji, Suguru Masuzaki, Tomohiro Morisaki, Masahiro Kobayashi, Hiroshi Yamada, Akio Komori and LHD Experimental Groups

National Institute for Fusion Science

大型ヘリカル装置(LHD)では、第Ⅱ期計画の中の一つとして、ダイバータ部の閉領域化(所謂、閉ダイバータ化)への改造が検討されている。ダイバータタイルから放出される各種の中性粒子および不純物をダイバータ領域に効率的に閉じ込めるとともに、積極的に排気することによって、主プラズマ周辺部のプラズマの密度を大幅に抑制することで、閉じ込め性能の良い高性能プラズマの生成・維持が期待されている。また、ダイバータ領域に閉じ込まれた各種中性粒子・不純物とダイバータプラズマとの相互作用によって定常的なデタッチメントを実現することで、主プラズマからダイバータタイル上に到達する熱負荷を大きく低減することも目的の一つとされている。

上記2つの閉ダイバータ化の目的を達成するためには、ダイバータ領域および主プラズマ周辺部の中性粒子挙動の解明が重要となる。ダイバータ領域と主プラズマ領域の間に、粒子の往来を遮断する障壁(所謂、バッフル板)を設置して、ダイバータ領域から主プラズマ周辺部への中性粒子の漏出を抑制しなければならない。また、ダイバータ領域の中性粒子圧力を可能な限り上昇させることによって、デタッチメントの定常的な形成・維持および、効率的な粒子排気を実現する必要がある。

LHDでは従来から完全3次元中性粒子輸送シミュレーションコード(EIRENEステラレーター版)による精密な解析、CCDカメラによる H_α 線強度分布の測定および、高波長分解能の可視分光器アレイと偏光分離光学系との組み合わせによる H_α 線偏光分離スペクトルの詳細な測定等によって、プラズマ周辺部の中性粒子の挙動に関する精密な研究が行われてきた。その結果、LHDにおける標準的な磁場配位(磁気軸 $R_{ax}=3.60m$, $3.75m$ など)においては、トラス内側部のダイバータ領域の中性粒子密度が他の領域と比較して高いことが判明した。このことから、LHDにおいてはトラス内側部の中性粒子を制御することが重要であると考えられ、閉ダイバータ

化の第一段階計画として、トラス内側部のバッフル板の設置が検討されている。

最適なバッフル板の構造・位置を見出すために、中性粒子輸送コードによって主プラズマ周辺部および、ダイバータ領域の中性粒子密度分布を計算した。なお、ここではダイバータ板に流れ込むプラズマ流束の3次元的分布は、最外殻磁気面近傍からの磁力線追跡計算の結果に基づくとした。図1(a)は $R_{ax}=3.60m$ の磁場配位においてトラス内側部にバッフル板を設置した場合の真空容器内部の中性水素分子密度分布の計算結果である。バッフル板がない場合(図1(b))と比較すると、トラス内側のダイバータ領域中の中性水素分子密度が約3倍程度上昇している。

本学会発表では、バッフル板の構造・位置などを变化させた場合および、ダイバータレグの間にドーム構造を設置した場合等における中性粒子の密度分布の計算結果を示すことにより、LHDにとって最適な閉ダイバータ構造を提案する予定である。

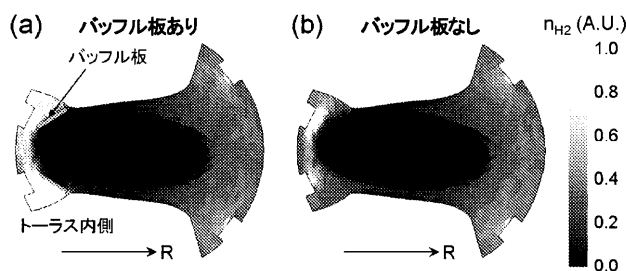


図1:トラス内側部の閉ダイバータ化による中性水素分子密度分布の変化