

外部コイルを用いた準対称ステラレータのダイバータ配位制御 Divertor Configuration Control of a Quasi-Symmetry Stellarator with External Coils

河村学思^{1,2}, 仲田資季^{1,2}, 鈴木康浩³, 林祐貴¹, 坂本隆一^{1,2}
Gakushi KAWAMURA^{1,2}, Motoki NAKATA^{1,2}, Yasuhiro SUZUKI³,
Yuki HAYASHI^{1,2}, Ryuichi SAKAMOTO^{1,2}

¹核融合研, ²総研大, ³広島大学
¹NIFS, ²SOKENDAI, ³Hiroshima Univ.

炉心の粒子閉じ込め性能の面で、磁場の対称性の観点からさまざまなステラレータ磁場配位（準対称ステラレータ）が提案されているが、ダイバータの実現に関しては確立された方法論がない。そこで、本研究では、モジュラーコイルを用いた準軸対称ステラレータ配位に対して、外部コイルを用いてダイバータレグの形状制御を行う手法を開発した。

外部コイルの電流によって炉心領域の回転変換分布が変化するため、炉心プラズマの特性が変化してしまう。その補正を行うために、3つのサドルループコイルをセットとして、炉心領域の回転変換分布が変化しない電流比率を求めた。トロイダルに4周期の磁場配位を用いているため、ヘリカル対称性を考慮して、装置全体で8セットのコイルを用いた。ここでは、プラズマの平衡は解かず、プラズマの応答を含まない真空磁場のみを対象にした。

図1に接続長、すなわち各点から磁力線を両方向に壁まで追跡した合計長さの分布を示す。閉じた磁気面領域は無限大の接続長（図では計算の上限のために10 km）となり、開いた領域は有限の接続長（0.1–1 km）となる。ダイバータレグの接続長は長く、SOL領域の接続長は短い。ここで用いた磁場配位は、もともと短いダイバータレグを持つ。外部コイルの導入によって、閉じた磁気面を持つ領域が切り開かれ、結果としてダイバータレグを伸張させることに成功した。

EMC3-EIRENEコードによる輸送解析で得た電子密度分布を図2に示す。外部コイルによるレグ伸張の結果、ダイバータレグ先端の電子密度

が増加する結果となった。これは、水素中性粒子が炉心から離れたレグで電離するためであり、ダイバータ配位に特徴的な現象である。さらに、ダイバータ板と炉心の距離を変化させた計算を行うことで、距離の炉心温度への影響が、レグの伸長によって弱まる、つまり壁の影響が炉心へ及びにくくなることが分かった。また、壁の位置に関わらず、レグの伸長によってリサイクリングが強まり、ダイバータ流束の増加と電子密度の増加が生じた。

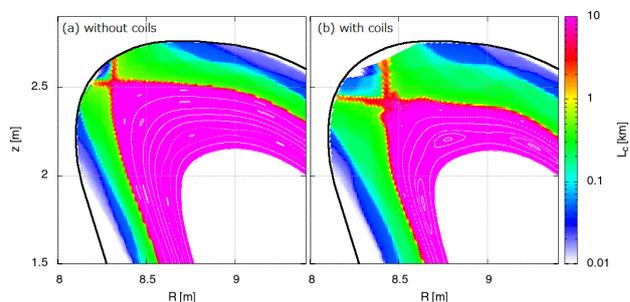


図1: (a)コイル無しと(b)コイルありに対する接続長分布。黒実線は真空容器壁、白い点列はポアンカレプロットである。炉心領域は計算領域外のため、白く抜けている。

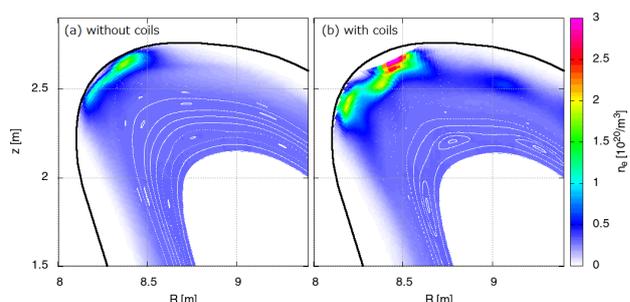


図2: (a)コイル無しと(b)コイルありに対する電子密度分布。